



TUGAS AKHIR – MO 141326

**Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Untuk Menanggulangi Masalah
Erosi di Pantai Lontar, Kota Tangerang**

Dias Titis Budi Pratama

NRP. 4313 100 060

Dosen Pembimbing :

Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.

Dr. Ir. Wahyudi, M. Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK KELAUTAN

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2017



FINAL PROJECT – MO 141326

PLANNING OF COASTAL PROTECTION STRUCTURE TO REDUCE EROSION PROBLEMS ON THE LONTAR BEACH, TANGERANG CITY

Dias Titis Budi Pratama

NRP. 4313 100 060

Supervisors :

Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D.

Dr. Ir. Wahyudi, M. Sc.

DEPARTMENT OF OCEAN ENGINEERING

Faculty of Marine Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2017

**PERENCANAAN BANGUNAN PELINDUNG PANTAI UNTUK
MENANGGULANGI MASALAH EROSI DI PANTAI LONTAR, KOTA
TANGERANG**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik

Pada Program S-1 Jurusan Teknik Kelautan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh

DIAS TITIS BUDI PRATAMA

NRP. 4313100060

Disetujui Oleh :

1. Suntoyo, S.T., M. Eng., Ph.D. (Pembimbing I)

2. Dr. Ir Wahyudi, M. Sc. (Pembimbing II)

3. Dr. Ir Hasan Ikhwani, M. Sc. (Penguji I)



Surabaya, Juli 2017

**Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Untuk Menanggulangi
Masalah Erosi di Pantai Lontar, Kota Tangerang**

Nama Mahasiswa : Dias Titis Budi Pratama
NRP : 4313100060
Departemen : Teknik Kelautan FTK-ITS
Dosen Pembimbing : Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D
Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc

ABSTRAK

Daerah pantai merupakan area dinamis yang selalu berubah-ubah karena adanya interaksi antara pantai dengan gelombang, arus, angin, pasang surut dan lain sebagainya. Interaksi antara pantai dengan gelombang, arus, pasang surut dan angin ini dapat menyebabkan erosi di area pantai. Daerah pantai Lontar mengalami erosi yang dapat mengancam daerah di belakang garis pantai. Oleh karena itu perlu di cari alternatif perencanaan bangunan yang sesuai untuk menanggulangi masalah tersebut. Hasil analisa alternatif perencanaan bangunan yang sesuai di peroleh dengan melakukan pemodelan menggunakan *software* delft3D. Alternatif yang direncanakan untuk menanggulangi masalah erosi pantai lontar yaitu merencanakan struktur *revetment* sepanjang 3000 meter dan *jetty* dengan dua ukuran panjang 746 meter dan 322 meter. Berdasarkan analisa tugas akhir ini di dapat alternatif yang sesuai untuk menanggulangi masalah erosi yang terjadi adalah dengan membangun sruktur *revetment* sepanjang 3000 meter dan strukur *jetty* sepanjang 322 meter.

Kata kunci : erosi pantai, alternatif penanggulangan erosi, perencanaan bangunan pelindung pantai.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

Planning of Coastal Protection Structure to Reduce Erosion Problems on the Lontar Beach, Tangerang City

Name : Dias Titis Budi Pratama
NRP : 4313100060
Department : Ocean Engineering
Supervisors : Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D
Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc

ABSTRAK

The coastal area is a dynamic area that is always changing due to the interaction between the beach with the waves, currents, winds, tides and other. The interaction between beach with waves, currents, tides and winds can cause erosion in coastal areas. The Lontar beach area has an erosion that can widen the area behind the coastline. Therefore it is necessary to find an appropriate alternative building planning to tackle the problem. The result of an alternative analysis of appropriate building planning is obtained by modeling using delft3D software. The planned alternative to solve the erosion problem is to plan a 3000 meter revetment structure and jetty 746 meters and 322 meters on lengths. Based on the analysis of this final task in the appropriate alternatives to overcome the problem of erosion that occurs is to build a 3000 meter revetment structure and jetty 322 meters on lengths.

Keyword : Coastal erosion, erosion-prevention alternatives, Planning of coastal protection structures

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena dengan izin-NYA penulis dapat menyelesaikan penulisan laporan tugas akhir yang berjudul **Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Untuk Menanggulangi Masalah Erosi di Pantai Lontar, Kota Tangerang** dengan baik dan lancar. Semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat untuk penelitian selanjutnya yang berkaitan tentang perencanaan bangunan pelindung pantai maupun penelitian yang lain yang masih berkaitan dengan perencanaan struktur pantai.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam penulisan laporan tugas akhir ini. Kritik dan saran penulis butuhkan untuk penyusunan laporan tugas akhir yang lebih baik dari sebelumnya.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

UCAPAN TERIMA KASIH

Dalam pengerjaan tugas akhir penulis menerima bantuan dan dukungan dari beberapa pihak. Oleh karena itu Secara khusus, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak penulis, Pani dan Ibu penulis, Jarwati yang telah memberikan semangat dan motivasi untuk tetap semangat dalam pengerjaan tugas akhir ini.
2. Pembimbing tugas akhir penulis, Bapak Suntoyo, S.T., M.Eng., Ph.D dan Dr. Ir. Wahyudi, M.Sc yang sudah meluangkan waktu untuk membimbing dengan penuh kesabaran, memberi masukan dan saran dalam tugas akhir ini.
3. Seluruh teman-teman Teknik Kelautan, Valtameri, Sek4w4n dan Kak Agil yang sudah membantu dan memberi semangat penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penulisan laporan ini masih ada kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik yang membangun untuk menyempurnakan laporan tugas akhir ini. Penulis mengucapkan terimakasih atas semua bantuan yang telah di berikan oleh beberapa pihak dan mohon maaf penulis tidak dapat menyebutkan semua pihak yang telah membantu dalam tugas akhir ini. Semoga laporan ini bisa bermanfaat bagi pembaca dan bisa dijadikan referensi pembuatan laporan berikutnya.

Surabaya, Juli 2017

Dias Titis B P

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
UCAPAN TERIMA KASIH.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	3
1.5 Batasan Masalah.....	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	
2.1. Tinjauan Pustaka.....	5
2.2. Dasar Teori.....	6
2.1.1 Gelombang.....	6
2.1.2 <i>Fetch</i>	6
2.1.3 Transformasi Gelombang	7
2.1.4 Arus	10
2.1.5 Pasang Surut	11
2.1.6 Transpor Sedimen dan Morfologi Pantai	13
2.1.7 Alternatif Bangunan Pelindung Pantai	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1. Diagram Alir Penelitian	17

3.2. Prosedur Penelitian	18
--------------------------------	----

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Analisa Data.....	21
4.1.1 Data Gelombang	21
4.1.2 Data Pasang Surut.....	23
4.1.3 Data Batimetri	24
4.1.4 Data Sedimen.....	25
4.1.5 Data Arus	26
4.2. Pemodelan Delft3D.....	26
4.2.1 Pembuatan Mesing	27
4.3 Delft3D- FLOW	31
4.4 Validasi	33
4.5 Hasil Simulasi	33
4.5.1. Pola Arus	34
4.5.2. Pola Sebaran Sedimen	37
4.5.3. Perubahan Morfologi.....	40
4.6 Pemilihan Alternatif Penanggulangan Erosi	42
4.7 Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai	44

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Lokasi Pantai Lontar yang Mengalami Erosi	2
Gambar 2.1 Refraksi Gelombang	8
Gambar 2.2 Gaya Pembangkit Pasang Surut	11
Gambar 2.3 Pasang Surut Purnama dan Perbani	12
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian	18
Gambar 4.1 Diagram <i>windrose</i>	21
Gambar 4.2 Fetch Daerah Pantai Lontar	22
Gambar 4.3 Peta Batimeri Daerah PLTU Lontar	24
Gambar 4.4 Grafik perubahan Garis Pantai PLTU Lontar	26
Gambar 4.5 Menu Delft3D	27
Gambar 4.6 Grid Kondisi Eksisting	28
Gambar 6.7 Grid Model Pertama dengan <i>Jetty</i> 746 meter	28
Gambar 6.8 Grid Model kedua dengan <i>Jetty</i> 322 meter	29
Gambar 4.9 Meshing kondisi eksisting	30
Gambar 4.10 Meshing Model Pertama dengan <i>Jetty</i> 746 meter	30
Gambar 4.11 Meshing Model kedua dengan <i>Jetty</i> 322 meter	31
Gambar 4.12 Delft3D – FLOW Input	32
Gambar 4.13 Grafik Validasi Pasang Surut	33
Gambar 4.14 <i>Depth Average Velocity</i> Kondisi Eksisting Pada Saat Surut Terendah	34
Gambar 4.15 <i>Depth Average Velocity</i> Model 1 Pada Saat Surut Terendah	35
Gambar 4.16 <i>Depth Average Velocity</i> Model 2 Pada Saat Surut Terendah	35

Gambar 4.17 <i>Depth Average Velocity</i> Kondisi Eksisting Pada Saat Pasang	
Tertinggi	36
Gambar 4.18 <i>Depth Average Velocity</i> Model 1 Pada Saat Pasang	
Tertinggi	36
Gambar 4.19 <i>Depth Average Velocity</i> Model 2 Pada Saat Pasang	
Tertinggi	37
Gambar 4.20 Pola Sebaran Sedimen Kondisi Eksisting Saat Pasang	
Tertinggi	37
Gambar 4.21 Pola Sebaran Sedimen Model 1 Saat Pasang Tertinggi	38
Gambar 4.22 Pola Sebaran Sedimen Model 2 Saat Pasang Tertinggi	38
Gambar 4.23 Pola Sebaran Sedimen Kondisi Eksisting Saat Surut	
Terendah	39
Gambar 4.24 Pola Sebaran Sedimen Model 1 Saat Surut Terendah	39
Gambar 4.25 Pola Sebaran Sedimen Model 2 Saat Surut Terendah.....	40
Gambar 4.26 Perubahan Morfologi Kondisi Eksisting	40
Gambar 4.27 Perubahan Morfologi Model 1	41
Gambar 4.28 Perubahan Morfologi Model 2	41
Gambar 4.29 Peletakan cross section pada area simulasi	43
Gambar 4.30 Parameter Perhitungan Tinggi <i>Toe Protection</i>	47
Gambar 4.31 Layout <i>revetment</i> irisan melintang	48
Gambar 4.32 Layout <i>jetty</i> irisan melintang	48

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Komponen Pasang Surut PLTU Lontar tahun 2015	23
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Analisa Pasang Surut.....	23
Tabel 4.3 Sampel Tanah daerah PLTU Lontar	25
Tabel 4.4 Data Arus PLTU Lontar.....	26
Tabel 4.5 Perbandingan Perubahan Morfologi Pantai Pada Setiap Model di Area Studi	43
Tabel 4.6 Koefisien Stabilitas KD Untuk Berbagai Jenis Butir.....	45
Tabel 4.7 Koefisien Lapis	46
Tabel 4.9 Dimensi <i>Revetment</i>	47
Tabel 4.10 Dimensi <i>Jetty</i>	48

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A – Pengolahan Data Angin

LAMPIRAN B – Peramalan Gelomabang

LAMPIRAN C – Perhitungan Periode Ulang Gelombang

LAMPIRAN D – Perhitungan Pasang Surut

LAMPIRAN E – Analisa Refraksi dan Gelombang Pecah

LAMPIRAN F – Perhitungan Wave Set-Up dan Wave Set-Down

LAMPIRAN G – Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai

BAB I

PENDAHULUAN

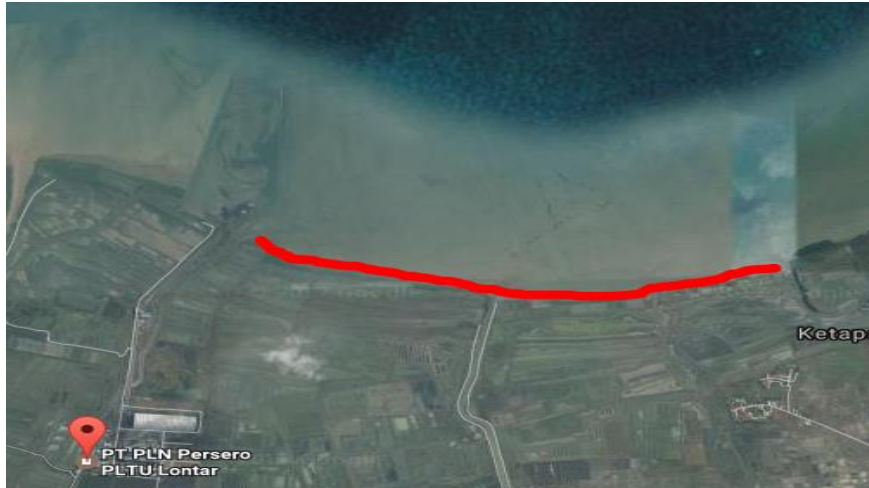
1.1 Latar Belakang

Pantai merupakan daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah (Triatmodjo, 1999). Pantai mempunyai keseimbangan dinamis yaitu cenderung menyesuaikan bentuk profilnya sedemikian sehingga mampu menghancurkan gelombang yang datang (Hakim, Suharyanto, dan Wahyu 2012). Pantai dapat menghancurkan gelombang normal dengan adanya *longshore bar* di daerah gelombang pecah. Namun dengan adanya gelombang badai pantai akan tetap mengalami erosi.

Erosi pantai merupakan proses mundurnya garis pantai dari kedudukan semula yang disebabkan oleh tidak adanya keseimbangan antara pasokan dan kapasitas angkutan sedimen (Yuwono, 2005). Erosi tidak hanya terjadi pada garis pantai namun juga dapat terjadi pada dasar laut. Permasalahan erosi harus mendapatkan perhatian yang besar dari semua pihak baik dari pemerintah pusat, pemerintah daerah maupun masyarakat. Erosi dapat menimbulkan dampak yang buruk berupa rusaknya pemukiman dan beberapa fasilitas di daerah tersebut. Seperti di daerah utara Provinsi Banten sebagian besar pantainya mengalami erosi.

Dalam tugas akhir ini area yang di tinjau adalah pantai Lontar, Kota Tangerang, Provinsi Banten yang juga mengalami erosi. Di area ini terdapat PLTU, area tambak, area pertanian dan area pemukiman. Erosi pantai yang terjadi di pantai Lontar dapat mengancam kerusakan area tambak yang terdapat di sepanjang pantai. Area tersebut merupakan area terdekat dari area pantai yang sedang tererosi. Di pantai Lontar kondisi beberapa hutan mangrove telah rusak sehingga tidak dapat membantu dalam mencegah masalah erosi yang terjadi di pantai tersebut.

Berikut merupakan gambar area pantai Lontar yang mengalami erosi. Area yang mengalami erosi di tandai dengan adanya garis merah.



Gambar 1.1 Lokasi pantai Lontar yang mengalami erosi

Untuk menangani masalah erosi di pantai lontar, kota Tangerang, provinsi Banten maka harus diketahui alternatif penanggulangan erosi. Untuk menemukan alternatif penanggulangan erosi akan dilakukan permodelan perubahan morfologi pantai dengan menggunakan *software* Delft3D. Dari analisa perubahan morfologi pantai tersebut maka dapat diketahui besarnya area yang tererosi. Alternatif yang akan digunakan berupa perencanaan pembuatan suatu struktur perlindungan pantai yang dapat mengatasi permasalahan yang telah terjadi.

1.2 Perumusan Masalah

Perumusan masalah yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Bagaimana alternatif penanganan yang harus dilakukan untuk menanggulangi permasalahan erosi yang terjadi?
2. Bagaimana Perencanaan struktur pelindung pantai yang digunakan untuk menanggulangi permasalahan erosi yang terjadi?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Mengetahui alternatif penanggulangan erosi yang terjadi.
2. Mengetahui Perencanaan struktur pelindung pantai yang digunakan untuk menanggulangi permasalahan erosi yang terjadi.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diperoleh dari tugas akhir ini berupa hasil penelitian dapat dijadikan sebagai acuan dalam menentukan alternatif penanggulangan erosi yang terjadi dan dapat di jadikan acuan dalam perencanaan struktur pelindung pantai yang akan digunakan.

1.5 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut

1. Area yang di tinjau dalam tugas ini adalah Pantai Lontar, Kota Tangerang, Provinsi Banten
2. Studi area dalam penelitian ini adalah area di sebelah kanan *Breakwater* sejauh 3 km.
3. Perencanaan kontruksi meliputi perencanaan dimensi standard dan tidak meninjau stabilitas dari struktur.
4. Tidak meninjau biaya pada struktur.
5. Pembahasan perubahan morfologi pantai hanya menggunakan *software* Delft3D-FLOW.

1.6. Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam tugas akhir ini terdiri dari lima bab yang di jelaskan sebagai berikut :

1. BAB I Pendahuluan

Dalam bab ini akan membahas latar belakang permasalahan dalam penelitian yang harus di selesaikan, rumusan masalah yang harus dipecahkan, tujuan permasalahan sebagai jawaban dari rumusan masalah, manfaat penelitian yang merupakan manfaat yang diperoleh dari adanya penelitian, batasan masalah yang menjadi batasan dalam pembahasan tugas akhir serta sistematika penulisan yang menunjukan susunan penulisan laporan dalam tugas akhir.

2. BAB II Tinjauan Pustaka dan Dasar Teori

Tinjauan pustaka dari bab dua membahas tentang perbandingan penelitian yang dilakukan dengan penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti sebelumnya sehingga penelitian sebelumnya dapat dijadikan sebagai acuan dalam penelitian

yang dilakukan. Sedangkan dasar teori berisi materi yang menjadi bahasan dalam penelitian yang dilakukan.

3. BAB III Metodologi Penelitian

Pembahasan yang dilakukan pada metodologi penelitian adalah berupa tahapan yang dilakukan peneliti dalam melakukan penelitian dimulai dari pengumpulan data, pengolahan data hingga penulisan laporan akhir.

4. BAB IV Analisa Hasil dan Pembahasan

Pengolahan data dan analisa hasil dari penelitian dilakukan dalam bab ini. Analisa hasil dilakukan setelah data di olah menggunakan *software* Delft3D.

5. BAB V Kesimpulan dan Saran

Setelah menganalisa hasil yang didapat dalam penelitian langkah selanjutnya yang harus dilakukan adalah menarik kesimpulan dari pembahasan yang telah dilakukan dalam penelitian. Selain itu dalam bab ini akan membahas saran yang peneliti tulis untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Pantai merupakan tempat pertemuan daratan dan lautan dimana terjadi proses-proses dinamis seperti gelombang, pasang surut, angin dan lainnya yang berlangsung secara terus-menerus sehingga secara konstan memungkinkan terjadinya perubahan pada lingkungan di sekitarnya. Proses-proses dinamis tersebut dapat mengakibatkan erosi seperti yang terjadi pada Pantai Lontar, Kota Tangerang, Provinsi Banten. Kondisi di area yang tererosi terdapat tambak yang di buat di sekitar pantai dan di area tersebut sebagian dari hutang mangrove mengalami kerusakan. Padahal mangrove sangat berperan penting dalam menjaga pantai agar tidak terjadi erosi. Permasalahan erosi harus segera di tangani untuk menghindari kerugian yang terjadi akibat kerusakan yang di sebabkan oleh erosi. Oleh karena itu di butuhkan alternatif penanggulangan yang tepat untuk menanggulangi permasalahan erosi tersebut. Untuk mengetahui alternatif penanggulangan erosi harus diketahui besar area yang telah tererosi terlebih dahulu sehingga harus dilakukan simulasi perubahan morfologi pantai pada area yang di tinjau dengan menggunakan *software* Delft3D.

Seperti penelitian yang dilakukan oleh Hasan (2016) yang berjudul Analisa Perubahan Profil Pantai dengan Menggunakan *software* Delft3D. dalam tugas akhir ini bertujuan untuk mengetahui perubahan profil pantai dengan menggunakan *software* Delft3D. Setelah melakukan pemodelan maka kita akan mengetahui pola arus dan sedimentasi yang terjadi di area yang ditinjau. Kemudian perencanaan jenis bangunan laut dapat dilakukan setelah mengetahui pola arus dan juga sedimen. Boonastria (2014) melakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui jenis bangunan pelindung pantai yang cocok untuk mengatasi kemunduran garis pantai di teluk penyu dengan judul perencanaan bangunan pengaman pantai untuk mengatasi kemunduran garis pantai Teluk Penyu, Cilacap, Jawa Tengah.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Gelombang

Gelombang adalah pergerakan naik dan turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan laut yang membentuk kurva/sinusoidal. Proses ini terjadi akibat adanya gaya-gaya alam yang bekerja di laut seperti tekanan dari atmosfer (khususnya angin), gempa bumi, gaya gravitasi bumi dan benda-benda angkasa (bulan dan matahari), gaya coriolis (akibat rotasi bumi), dan tegangan permukaan. (Hafli, 2014).

Gelombang dapat dibedakan berdasarkan energi pembentuknya yaitu gelombang angin, gelombang pasang surut, gelombang tsunami (gelombang karena adanya gempa bumi), gelombang yang di akibatkan oleh kapal yang bergerak dan lain sebagainya. Namun, gelombang yang banyak dijumpai di laut adalah gelombang yang di bentuk oleh angin. Energi yang di hasilkan oleh gelombang dapat membentuk pantai, menimbulkan arus dan transport sedimen dalam arah tegak lurus dan sepanjang pantai, serta menyebabkan gaya-gaya yang bekerja pada bangunan pantai (Triatmodjo, 1999).

Besarnya ukuran gelombang yang terbentuk dari adanya perpindahan energi angin akan tergantung dari lima faktor : a) kecepatan angin berhembus, b) jarak bentangan permukaan laut dimana angin berhembus atau *fetch length*, c) lebar area angin berhembus, d) durasi atau lamanya angin berhembus, serta e) kedalaman air (Young, 1999)

2.2.2. Fetch

Fetch merupakan suatu area yang memiliki arah angin dan kecepatan angin konstan. Arah angin dikatakan konstan jika angin bergerak dengan arah 15° dan kecepatan angin dikatakan konstan jika kecepatan angin kurang dari lima knot. Ditinjau dari pembangkitan gelombang di laut, *fetch* dibatasi oleh daratan yang mengelilingi laut. Berikut merupakan rumus untuk mencari *fetch* rerata :

$$F_{eff} = \frac{\sum X_i \cos \alpha}{\sum \cos \alpha} \dots \dots \dots (2.1)$$

Dengan :

F_{eff} : *fetch* efektif

X_i : panjang garis *fetch* (m)

α : deviasi pada kedua sisi dari angin dengan menggunakan pertambahan 5° sampai sudut sebesar 20° pada kedua sisi dari arah angin.

Dalam penggunaannya *fetch* digunakan untuk melakukan peramalan gelombang.

2.2.3. Transformasi Gelombang

Gelombang yang berada di laut dalam berbentuk sinusoidal sedangkan gelombang yang berada di laut dangkal puncaknya semakin tinggi namun lembahnya akan semakin landai. Gelombang dari laut dalam yang menjalar ke arah pantai akan mengalami transformasi berupa perubahan tinggi, kecepatan dan arah. Selama penjalaran menuju pantai gelombang akan mengalami beberapa fenomena seperti

1. Proses Pendangkalan (*Wave Shoaling*)

Terjadi ketika gelombang menjalar ke tempat yang lebih dangkal sehingga tinggi, kecepatan dan panjang gelombang akan berubah.

Berikut merupakan rumus untuk mencari koefisien shoaling (K_s) (Pratikto dkk, 1999) :

a. K_s untuk perairan dalam.

$$K_s = \sqrt{\frac{1}{\tanh kd \left(1 + \frac{4\pi/L}{\sinh(\frac{4\pi}{L})}\right)}} \dots\dots\dots (2.2)$$

b. K_s untuk perairan dangkal

$$K_s = \sqrt{\frac{C_0}{2\sqrt{gd}}} = \left[\frac{1}{8n} \frac{L_0}{d}\right]^{1/4} = 0.4464 \sqrt[4]{\frac{L_0}{d}} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dengan :

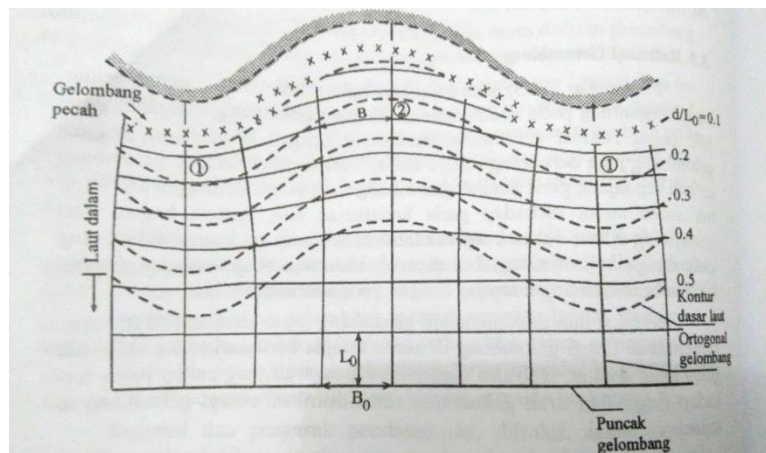
- k : Wave number ($2\pi/L$)
- d : Kedalaman air (m)
- L : Panjang gelombang (m)
- L_0 : Panjang gelombang di laut dalam (m)
- g : Kecepatan gravitasi (m/s^2)
- C_0 : Celerity gelombang di laut dalam (m/s)
- N : Rasio grup gelombang untuk celerity (untuk laut dalam $n=1/2$ dan untuk shallow water $n=1$)

Selain menggunakan rumus di atas koefisien shoaling dapat di cari dengan memasukan nilai d/L_0 pada tabel buku teknik pantai yang di karang oleh Bambang Triatmodjo.

2. Proses Refraksi (*Refraction*)

Merupakan suatu proses perubahan arah gerak puncak gelombang. Puncak gelombang akan mengalami perubahan arah gerak pada saat gelombang menjalar dari laut dalam menuju laut dangkal. Saat penjalaran gelombang akan mengalami perubahan kecepatan dan panjang gelombang sehingga terjadi penikungan arah perambatan gelombang atau orthogonal gelombang(garis tegak lurus puncak gelombang).

Pada gambar di bawah ini garis Orthogonal gelombang selalu berusaha untuk tegak lurus dengan garis kontur sedangkan garis puncak gelombang akan berusaha untuk selalu tegak lurus dengan garis kontur dan garis pantai.



Gambar 2.1 Refraksi gelombang (Triatmodjo, 1999)

3. Proses Difraksi (*Diffraction*)

Suatu fenomena pada saat gelombang menabrak penghalang impermeable (*breakwater*, pulau atau tanjung) maka puncak gelombang akan berputar terhadap ujung penghalang dan bergerak ke daerah yang dilindungi penghalang tersebut. Difraksi terjadi pada saat sepanjang puncak gelombang memiliki perbedaan energi yang tajam. Koefisien difraksi (K_D) dapat diperoleh dari rumus berikut :

$$K_D = \frac{H_A}{H_I} \dots\dots\dots (2.4)$$

Dengan :

H_A : Tinggi gelombang di daerah difraksi (m)

H_I : Tinggi gelombang datang (m)

Jika harga K_D diketahui maka karakteristik spektrum gelombang di daerah yang di lindungi penghalang dapat dievaluasi.

4. Proses Pantulan (*Reflection*)

Suatu fenomena ketika gelombang datang menabrak suatu rintangan (*breakwater*), maka gelombang tersebut akan di pantulkan. Besar kemampuan suatu bangunan memantulkan gelombang diberikan oleh koefisien refleksi (X) sebagai berikut :

$$X = \frac{H_r}{H_i} \dots\dots\dots (2.5)$$

Dengan :

H_r : Tinggi gelombang refleksi (m)

H_i : Tinggi gelombang datang (m)

5. Gelombang Pecah (*Wave breaking*)

Wave breaking terjadi ketika panjang gelombang akan berangsur-angsur berkurang, sementara tinggi gelombang akan bertambah tinggi pada saat gelombang akan menuju perairan dangkal, sedangkan kemiringan gelombang akan bertambah besar yang pada akhirnya gelombang akan pecah pada kedalaman tertentu. *Wave breaking* terdiri dari empat macam yaitu : Spilling ($\xi < 0,3$), plunging ($\xi = 0,5-3$), collapsing ($\xi = 2,5-3$) dan surging ($\xi = 3-5$). Berikut merupakan rumus untuk mencari angka irribarren :

$$\xi = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{H/L_0}} \dots\dots\dots (2.6)$$

Dengan :

α : Kemiringan dasar laut

H : Tinggi gelombang (m)

L_0 : Panjang gelombang di laut dalam (m)

Proses transformasi gelombang sangat penting untuk diketahui agar dapat memperkirakan besar komponen energi gelombang yang menyebabkan *long shore current* dan penentuan gelombang rencana.

2.2.4. Arus

Arus adalah pergerakan suatu massa air dari suatu tempat ke tempat yang lain yang disebabkan oleh tiupan angin atau disebabkan oleh pergerakan pasang surut air laut (Nontji, 1993)

Menurut Pond dan Pickard, 1983 arus dapat terjadi karena adanya beberapa sebab seperti :

1. Angin

Angin merupakan suatu faktor yang membangkitkan arus, arus yang ditimbulkan oleh angin mempunyai kecepatan yang berbeda menurut kedalamannya.

2. Arus pasang surut

Arus yang disebabkan oleh gaya tarik menarik antara bumi dan benda di angkasa. Arus pasang surut ini merupakan arus yang ferakannya horizontal.

3. Turbulensi

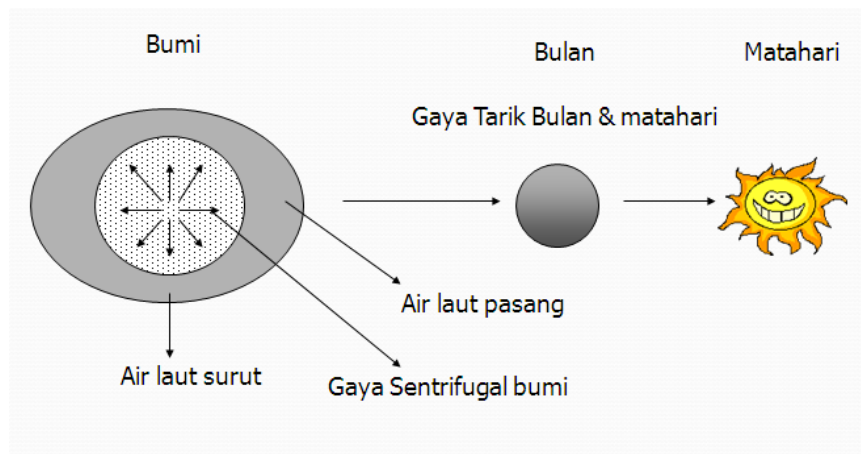
Suatu gerakan yang terjadi pada lapisan batas air dan terjadi karena ada gaya gesekan antar lapisan.

Arus yang terjadi di suatu daerah tergantung pada arah datang gelombang. Jika garis puncak gelombang sejajar dengan garis pantai maka akan terjadi *rip current* dan apabila gelombang pecah dengan membentuk sudut terhadap garis pantai sebesar lebih dari 5 derajat maka akan menimbulkan arus sejajar garis pantai. Arus yang sejajar garis pantai inilah yang akan membawa sedimen ke tempat lain (transport sedimen).

Arus yang terjadi di suatu daerah juga dapat dilihat dari pada studi refraksi yang bergaris kontur tidak teratur. Pada studi refraksi jika garis orthogonal gelombang menguncup (konvergen) maka akan terjadi arus sejajar pantai namun jika garis orthogonal gelombang menyebar (divergen) akan terjadi *rip current*.

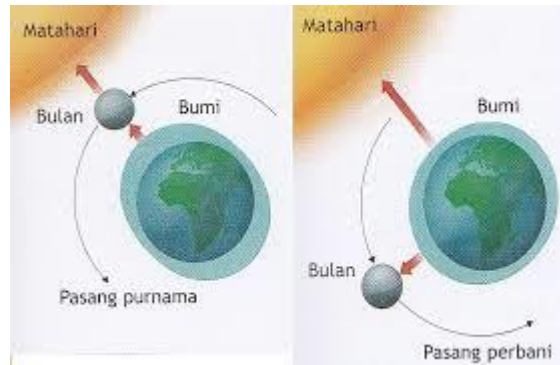
2.2.5. Pasang Surut

Pasang surut merupakan perubahan ketinggian muka air laut karena gerak gravitasi bulan dan matahari dan benda langit lain pada perputaran bumi. Dalam fenomenan pasang surut bulan memiliki pengaruh yang kuat dari pada matahari. Gaya tarik bulan lebih besar dari pada matahari karena letak bulan dari bumi lebih dekat dari pada letak matahari dari bumi. Peramalan pasang surut air laut sangat penting dalam perencanaan bangunan pelindung pantai. Dari peramalan pasang surut dapat direncanakan tinggi bangunan yang sesuai dengan kondisi perairan sekitar.



Gambar 2.2 Gaya pembangkit pasang surut (Lie, 2015)

Dilihat dari posisi bulan dan matahari pasang surut akan memiliki nilai terendah dan tertinggi. Pada saat bulan, bumi dan matahari berada pada garis lurus yang biasanya terjadi pada tanggal 1 dan 15 maka akan terjadi proses pasang surut purnama (*spring tide*). *Spring tide* akan mengakibatkan tinggi pasang surut sangat besar dibandingkan pada hari-hari yang lain. Sebaliknya jika tinggi pasang surut sangat rendah dibandingkan hari-hari yang lain berarti sedang terjadi proses pasang surut perbani (*neap tide*). *Neap tide* biasanya terjadi pada tanggal 7 dan 21.



Gambar 2.3 Pasang surut purnama dan perbani

(Sumber : entertainment123fisikaku.wordpress.com, diakses pada 11 Juli 2017)

Tipe pasut ditentukan oleh frekuensi air pasang dengan surut setiap harinya. Hal ini disebabkan karena perbedaan respon setiap lokasi terhadap gaya pembangkit pasang surut. Tipe pasang surut dibedakan menjadi 3 yaitu :

1. Tipe pasut harian tunggal (*diurnal tides*)

Yaitu pasang surut di suatu perairan yang mengalami satu kali pasang dan satu kali surut dalam satu hari

2. Tipe harian ganda (*semidiurnal tides*).

Yaitu pasang surut di suatu perairan yang mengalami dua kali pasang dan dua kali surut dalam sehari

3. Tipe campuran (*mixed tides*)

Yaitu pasang surut peralihan antara tipe tunggal dan ganda. tipe pasut ini digolongkan menjadi dua bagian yaitu tipe campuran dominasi ganda dan tipe campuran dominasi tunggal.

Mengingat elevasi muka air laut selalu berubah setiap saat, maka diperlukan suatu elevasi yang ditetapkan berdasarkan data pasang surut, yang dapat digunakan sebagai pedoman didalam perencanaan suatu pelabuhan. Beberapa elevasi tersebut adalah sebagai berikut :

MSL : muka air laut rerata (*mean sea level*), adalah muka air rerata antara muka air tinggi rerata dan muka air terendah rerata. Elevasi ini digunakan sebagai referensi untuk elevasi di daratan.

MHWL : Muka air tinggi rerata (*mean high water level*)

- DL : Datum level
- HHWL : Muka air tinggi tertinggi (*highest high water level*)
- MLWL : Muka air rendah rerata (*mean low water level*)
- LLWL : air rendah terendah (*lowest low water level*), adalah air terendah pada saat pasang surut purnama atau bulan mati.
- HWT : Muka air tinggi (*high water level*) yaitu muka air tertinggi yang dicapai pada saat air pasang dalam satu siklus pasang surut.
- LWT : Muka air rendah (*low water level*), yaitu muka air terendah yang dicapai pada saat air surut pada satu siklus pasang surut.

(Triatmodjo 1999)

2.2.6. Transport Sedimen dan Morfologi Pantai

Gelombang dan arus di laut dapat mengangkut sedimen sejajar garis pantai dan tegak lurus garis pantai. Pergerakan sedimen ini dapat menyebabkan perubahan morfologi pantai berupa perubahan kedalaman dan perubahan garis pantai. Perubahan garis pantai bisa terjadi karena adanya erosi maupun sedimentasi. Pemodelan sedimen dan perubahan morfologi dapat menggunakan *software* delft3D.

Delft3D terdiri dari beberapa system dan fungsi yaitu :

- Delft3D-FLOW : Simulasi tsunami, pasang surut, aliran sungai dan banjir
- Delft3D-WAVE : Perambatan gelombang
- Delft3D-WAQ : Kualitas air pada daerah *far-field*
- Delft3D-ECO : Pemodelan ekologi
- Delft3D-SED : Pengangkutan sedimen untuk partikel kohesif dan non kohesif
- Delft3D-PART : Kualitas air dan gerakan partikel pada daerah *Midfield*

Dalam pemodelan ini akan menggunakan delft3D-FLOW. Dalam pemodelan sedimen transport di delft3D-FLOW akan di dapatkan nilai *bed shear stress*. Pantai akan mengalami erosi jika *bed shear stress* lebih besar dari *critical stress* dan akan mengalami sedimentasi jika *bed shear stress* lebih kecil dari *critical stress*. Untuk mengetahui perubahan morfologi pantai dapat dilihat pada outputan *bed level* dan untuk mengetahui kondisi pantai terjadi erosi atau sedimentasi dapat melihat outputan *cumulative erosion or sedimentation*.

2.2.7. Alternatif Bangunan Pelindung Pantai

Dalam pemilihan sistem perlindungan pantai pada lokasi pantai tertentu agar bangunan dapat berfungsi secara optimal, maka perlu mempertimbangkan hal-hal berikut (Darajat 2000) :

1. Penyebab kerusakan pantai
2. Tujuan yang ingin di capai
3. Efektifitas bangunan
4. Bahan-bahan bangunan yang tersedia di sekitar lokasi studi
5. Karakter gelombang (tinggi gelombang, periode dan arah datangnya)
6. Kelestarian lingkungan
7. Aktivitas masyarakat di sekitar kawasan studi
8. Estetika pantai

Terdapat beberapa bangunan pantai yang dapat dijadikan sebagai alternatif penanggulangan erosi pantai :

1. Tembok laut

Merupakan bangunan yang melindungi pantai dari serangan gelombang secara langsung. Oleh karena itu tembok laut memiliki struktur yang tegak atau vertikal.

2. *Revetment*

Revetment memiliki fungsi yang sama dengan tembok laut namun berbeda pada bentuknya. Revetment memiliki bentuk agak miring, bukan tegak seperti tembok.

3. Groyne

Merupakan suatu struktur yang dapat menangkap sedimen sehingga erosi dapat di tanggulang. Namun groyne hanya dapat menahan sedimen sepanjang pantai.

4. *Breakwater*

Dapat dibedakan menjadi dua yaitu pemecah gelombang sambung pantai dan lepas pantai.

Pemecah gelombang sambung pantai biasanya digunakan untuk melindungi perairan pelabuhan sedangkan pemecah gelombang lepas pantai dapat digunakan untuk melindungi pantai dari serangan gelombang sehingga daerah pantai tidak mengalami erosi.

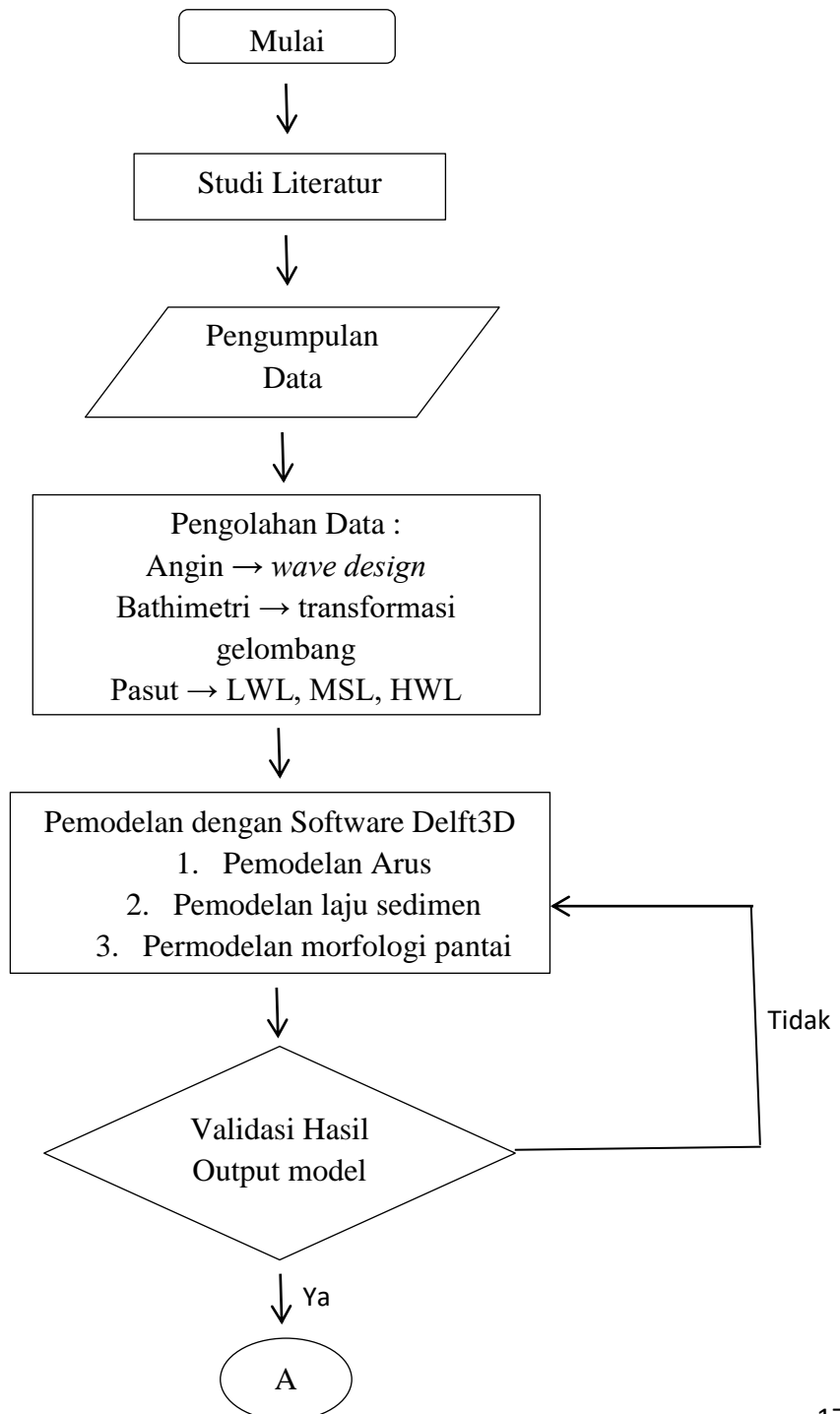
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

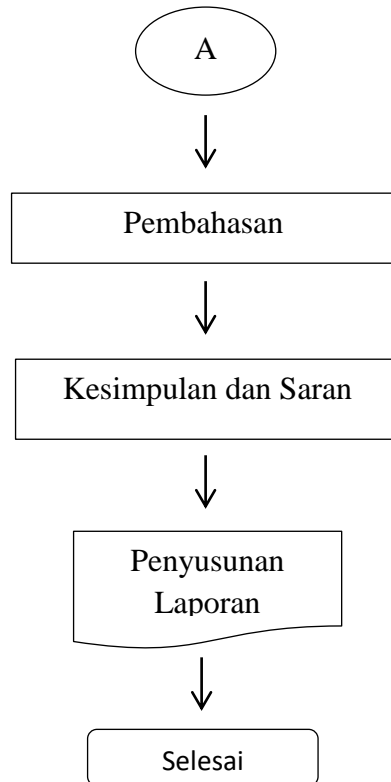
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Berikut merupakan gambar diagram alir dari metodologi penelitian





Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Penelitian

3.2. Prosedur Penelitian

Adapun langkah-langkah penelitian dalam diagram alir diatas dijelaskan sebagai berikut :

3.2.1. Studi Literatur

Studi literature merupakan suatu tahapan yang harus dilakukan untuk memperoleh tambahan ilmu sehingga dalam pengerjaan tugas akhir ini ada referensi yang dapat di jadikan acuan. Studi literature dapat di peroleh dari buku, jurnal maupun internet yang berkaitan dengan perubahan garis pantai. Selain itu *software* Delft3D juga di pelajari untuk melakukan analisa dan permodelan di tempat studi.

3.2.2. Pengumpulan Data

Data yang dibutuhkan berupa data angin, data pasang surut, data bathimetri dan segala data yang dibutuhkan dalam pengerjaan tugas akhir.

3.2.3. Pengolahan Data

Data yang telah di peroleh di olah terlebih dahulu sebelum di modelkan dalam *software* Delft3D. Data yang harus di olah seperti data angin untuk mengetahui arah angin dominan sehingga daerah pembangkit gelombang dapat diketahui.

3.2.4. Pemodelan dengan Software Delft3D

Dalam pemodelan dibutuhkan simulasi (domain) yang menunjukan daerah yang dihitung dan batasan daerah hitungan untuk dimasukan dalam Delft3D-FLOW. Daerah simulasi terdiri dari pembuatan grid dengan menggunakan Delft3D-RGFGRID dan pada Delft3D-QUICKIN dimasukan data batimetri.

3.2.5. Validasi

Validasi dilakukan untuk mencocokkan hasil output dari permodelan dengan data pasang surut. Setelah valid tahap selanjutnya adalah melakukan simulasi aliran dan simulasi sedimen.

3.2.6. Pembahasan

Pembahasan dilakukan untuk mengetahui perubahan morfologi pantai yang terjadi sehingga dapat dilakukan pemilihan alternatif bangunan pelindung pantai yang tepat dan perencanaan bangunan pantai untuk menanggulangi erosi yang terjadi.

3.2.7. Kesimpulan dan Saran

Penarikan kesimpulan berdasarkan pada rumusan masalah yang telah dibuat dan pemberian saran dilakukan untuk agar penelitian selanjutnya lebih baik dari penelitian sebelumnya.

3.2.8. Penyusunan Laporan

Melakukan penyusunan laporan secara keseluruhan.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

ANALISA DAN PEMBAHASAN

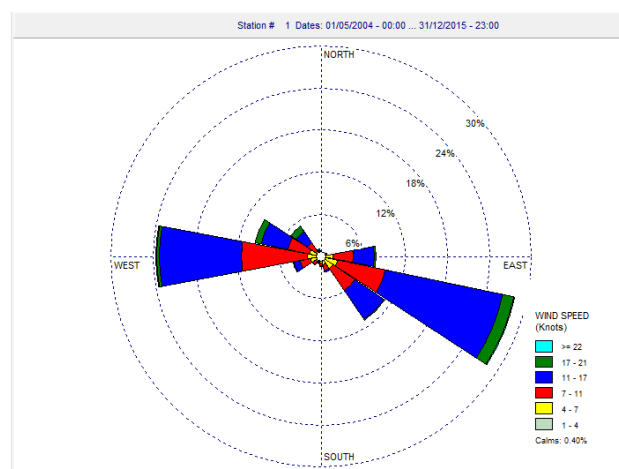
1.1 Analisa Data

Sebelum melakukan pemodelan tahap pertama yang harus dilakukan adalah mengumpulkan data. Setiap data akan dianalisa secara berbeda-beda sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai.

4.1.1. Data Gelombang

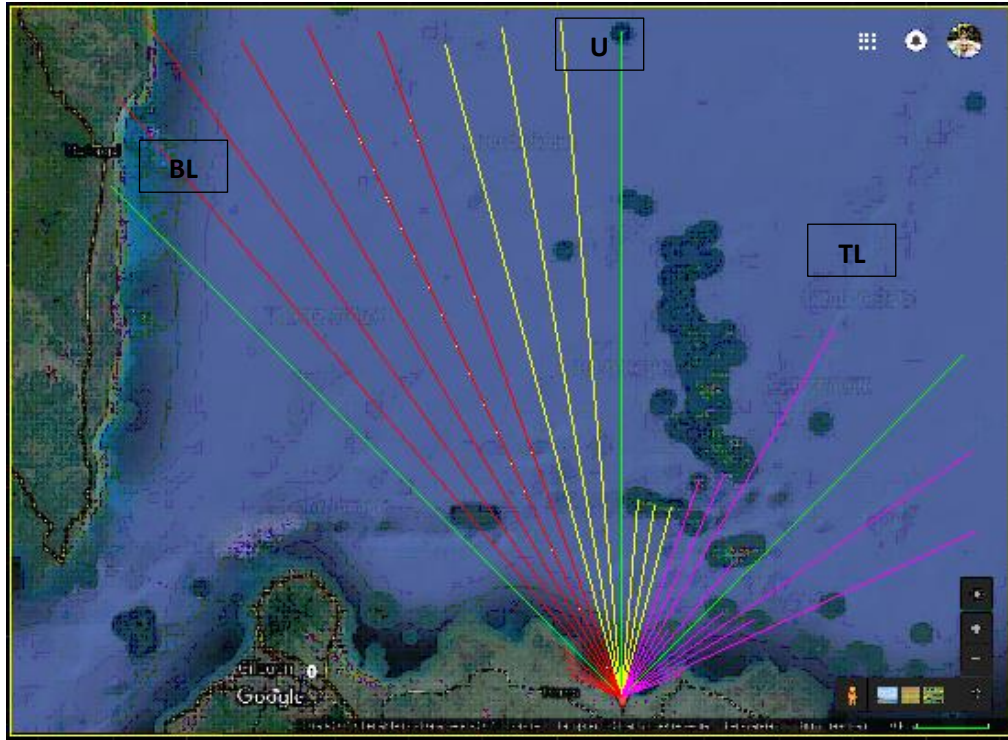
1. Peramalan Gelombang

Di Indonesia jarang dilakukan pengukuran gelombang oleh karena itu untuk memperoleh data gelombang harus melakukan peramalan gelombang dengan menggunakan data angin. Data angin di peroleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika dengan koordinat 5.700458° S dan 106.380629° E. Data angin yang digunakan dalam tugas akhir ini selama 12 tahun yaitu tahun 2004 sampai tahun 2015. Langkah pertama untuk melakukan peramalan gelombang adalah mengolah data angin menjadi *windrose* untuk mengetahui arah angin yang berpengaruh terhadap area pantai yang di tinjau. Arah angin yang berpengaruh terhadap pantai yang di tinjau adalah arah angin yang berasal dari barat laut, timur laut dan utara seperti yang di tunjukan gambar *windrose* berikut ini :



Gambar 4.1 Diagram *windrose*

Sebelum melakukan peramalan gelombang harus dilakukan perhitungan *Fetch* terlebih dahulu. Area *fetch* di batasi oleh daratan dan dihitung dalam setiap arah yang terlihat seperti gambar berikut.



Gambar 4.2 *Fetch* daerah Pantai Lontar

Perhitungan *Fetch* keseluruhan dapat di lihat pada lampiran. Nilai *Fetch* yang telah di peroleh digunakan untuk perhitungan peramalan gelombang. Dari peramalan gelombang akan diperoleh tinggi gelombang signifikan dan periode signifikan. Kemudian dalam perhitungan kala ulang digunakan nilai tinggi gelombang signifikan tertinggi dari arah-arah gelombang tersebut dalam tiap tahunnya. Dalam perhitungan kala ulang 50 tahunan di peroleh tinggi gelombang sebesar 3,22 meter.

2. Transformasi Gelombang

Dalam tugas akhir ini akan menganalisa refraksi gelombang untuk mengetahui arah penjalaran gelombang menuju pantai. Selain itu hasil perhitungan analisa refraksi digunakan untuk memperoleh tinggi gelombang pecah (H_b) dan kedalaman gelombang pecah (d_b). Dari perhitungan kemudian diperoleh H_b

sebesar 2,45 meter dan d_b sebesar 3,11 meter. Besaran-besaran ini akan digunakan dalam perhitungan transport sedimen dan perubahan garis pantai.

4.1.2. Data Pasang Surut

Fenomena naik turunnya permukaan air laut secara periodik atau yang disebut dengan pasang surut sangat penting dalam analisa garis pantai.

Tabel 4.1 komponen pasang surut PLTU Lontar tahun 2015

	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4	S0
A (cm)	2	10	2	3	56	4	18	0	1	226
g(°)	85	306	145	306	131	169	131	179	340	0

Dari komponen pasang surut PLTU Lontar tahun 2015 di atas akan dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus Formzahl (F) sehingga dapat dihasilkan tipe pasang surut. Tipe pasang surut daerah Lontar adalah pasang surut harian tunggal (diurnal) karena dari perhitungan diperoleh bilangan Formzahl sebesar 5. Selain bilangan Formzahl juga dihitung parameter-parameter yang lain seperti dalam tabel berikut :

Tabel 4.2 Hasil perhitungan analisa pasang surut

Elevasi	Tinggi (cm)	Tinggi (m)
HAT	298	2.98
MHHWS	286	2.86
MHHWN	278	2.78
MSL	226	2.26
MLLWN	174	1.74
MLLWS	166	1.66
LAT	154	1.54

Biasanya untuk memudahkan perencanaan bangunan pelindung pantai LAT disebut sebagai LWS, elevasi LWS = 0 sehingga didapatkan :

$$\begin{aligned} \text{HAT (HWS)} &= 1.44 \\ \text{MHHWS} &= 1.32 \end{aligned}$$

MHHWN	=	1.24
MSL	=	0.72
MLLWN	=	0.2
MLLWS	=	0.12
LAT (LWS)	=	0

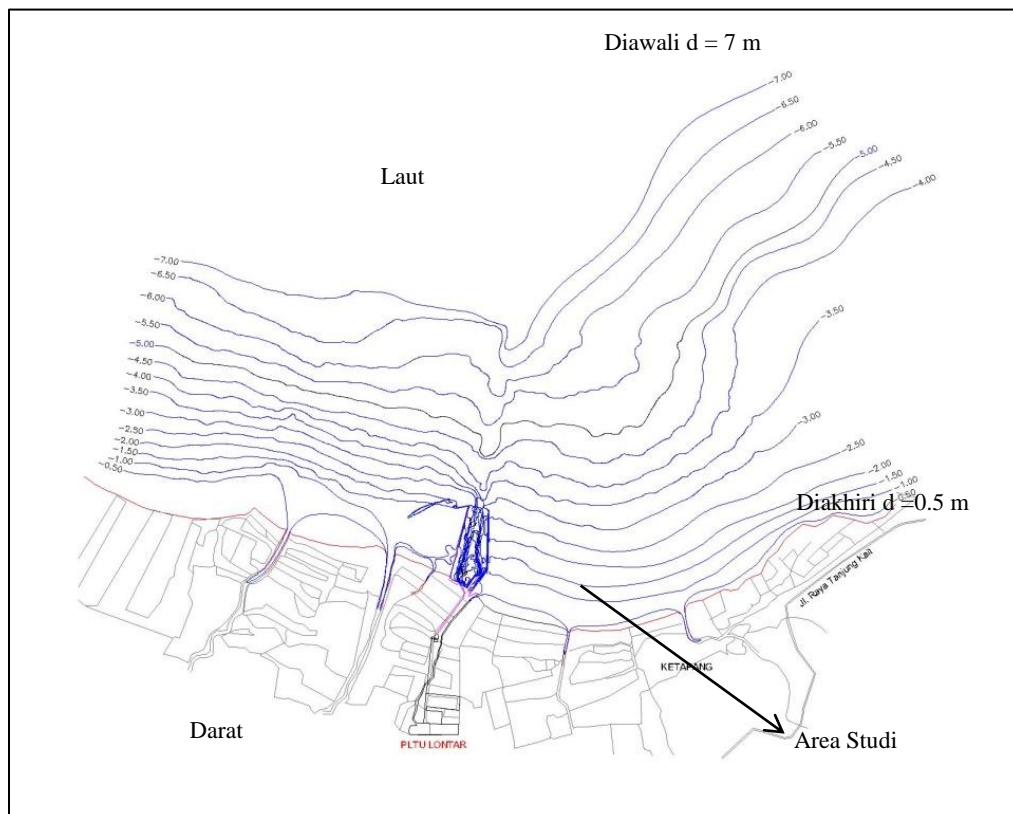
Angka diatas yang akan digunakan dalam perencanaan bangunan untuk menanggulangi permasalahan erosi pantai.

Namun untuk permodelan numerik akan digunakan inputan data pasang surut yang di peroleh dari pengukuran bukan data pasang surut prediksi di atas. Hal ini dilakukan karena tidak ada pembanding untuk validasi jika menggunakan data pasang surut prediksi.

4.1.3.Data Batimetri

Data batimetri merupakan data kontur kedalaman di perairan PLTU Lontar.

Data batimetri ini digunakan untuk membuat mesing pada software delft3D dan digunakan dalam perhitungan refraksi gelombang. Berikut merupakan peta batimetri daerah PLTU Lontar :



Gambar 4.3 Peta batimetri daerah PLTU Lontar

Dari peta tersebut terlihat bahwa kontur kedalamnya daerah Lontar dimulai dari kedalaman 7 meter hingga 0.5 meter. Daerah yang berwarna biru merupakan kolam labuh dari PLTU Lontar dan lokasi dari PLTU Lontar di tunjukan oleh tulisan berwarna merah pada gambar.

4.1.4. Data Sedimen

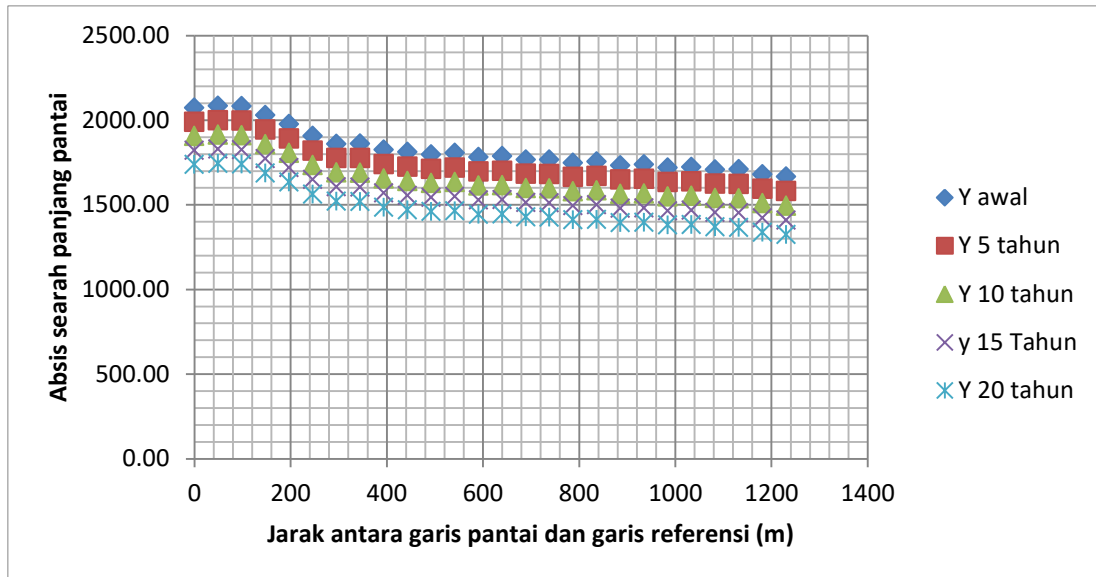
Ada tiga area PLTU Lontar yang ditinjau dalam tugas akhir ini sehingga ada 3 sampel tanah yaitu :

Tabel 4.3 Sampel tanah daerah PLTU Lontar

Sampel	Sand	Silt/Clay	D50
Barat kolam labuh	3,93%	96,07%	0,03 mm
Utara kolam labuh	1,55%	98,45%	0,03 mm
Timur kolam labuh	4.38%	95,62%	0.04 mm

Dari ketiga area di atas dalam tugas akhir ini area yang di tinjau adalah area timur kolam labuh. Dari tabel menunjukan bahwa tanah di daerah tersebut sebagian besar adalah *silt/clay* dengan D50 sebesar 0.04 mm atau 4000 μm .

Untuk membuktikan bahwa area di sebelah timur kolam labuh PLTU Lontar mengalami erosi maka dilakukan perhitungan perubahan garis pantai dengan menggunakan rumus DAS. Dalam perhitungan ini terbukti bahwa area di sebelah timur kolam labuh PLTU Lontar mengalami erosi. Hal ini dapat terlihat dari gambar grafik di bawah ini :



Gambar 4.4 grafik Perubahan garis pantai PLTU Lontar

4.1.5. Data Arus

Dalam tugas akhir ini data arus yang digunakan terletak pada tiga koordinat yaitu

Tabel 4.4 Data Arus PLTU Lontar

Koordinat	Kecepatan Maksimum (knot)	Kecepatan Minimum (knot)
660073 ; 9333046	0,500	0,150
662737 ; 9333116	0,650	0,100
664066 ; 9331622	0,525	0,100

Data arus di atas hanya menjelaskan kecepatan arus maksimal dan minimal. Dari ketiga area di atas data arus yang di gunakan dalam tugas akhir ini berada pada koordinat 664066 ; 9331622. Dalam pembahasan ini kecepatan dan arah arus memiliki peran yang sangat penting dalam transpor sedimen.

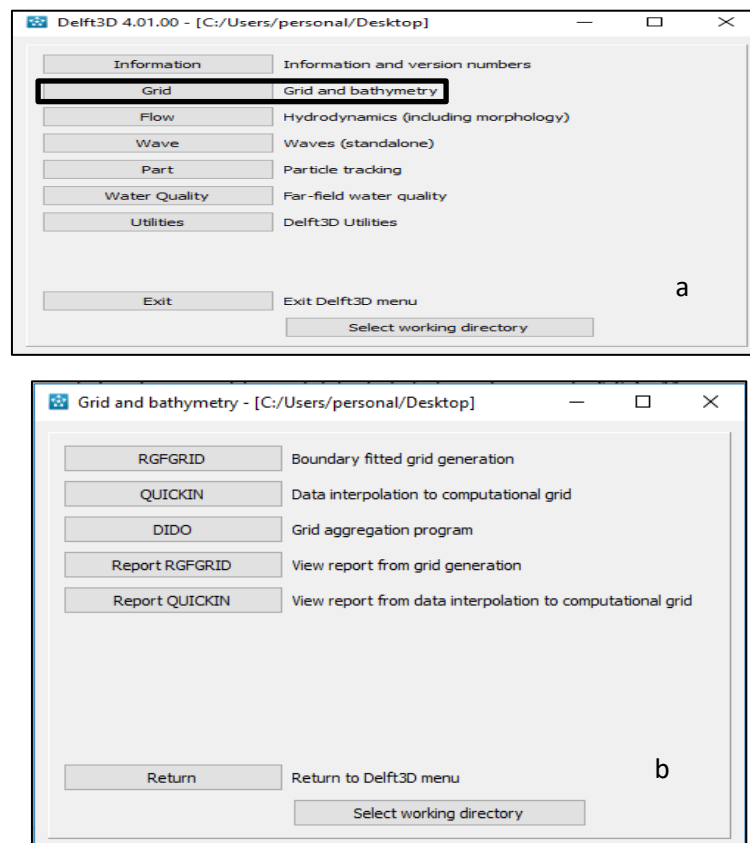
1.2 Pemodelan Delft3D

Dalam tugas akhir ini akan dimodelkan pola arus, pola gelombang, pola pasang surut dan perubahan morfologi sebelum dan sesudah adanya bangunan pelindung pantai yang digunakan untuk menanggulangi permasalahan yang terjadi di pantai

Lontar. Sehingga dari permodelan ini dapat ditentukan jenis bangunan yang cocok untuk penanggulangan erosi di pantai tersebut.

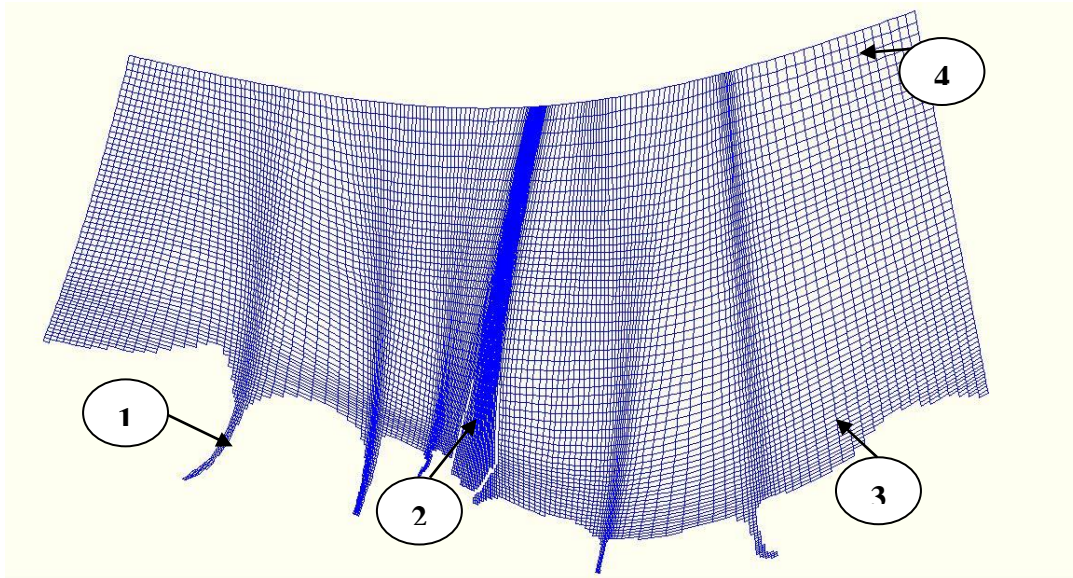
4.2.1. Pembuatan Meshing

Meshing adalah grid yang sudah di lengkapi dengan kedaaman. setelah proses pada menu grid sudah di lakukan maka hasil dari pemodelannya disebut meshing. Langkah pertama yang harus dilakukan dalam permodelan delft3D adalah membuat meshing. Meshing dalam delft3D di artikan sebagai area studi yang akan di modelkan. Data yang diinputan dalam pembuatan meshing adalah data batimetri yang filenya telah diubah format menjadi XYZ. File tersebut dapat membantu kita dalam membuat grid karena file dalam format XYZ tersebut dapat digunakan sebagai acuan dalam membentuk area studi yang akan di modelkan. Meshing dibuat dalam menu grid jadi pilih menu grid.

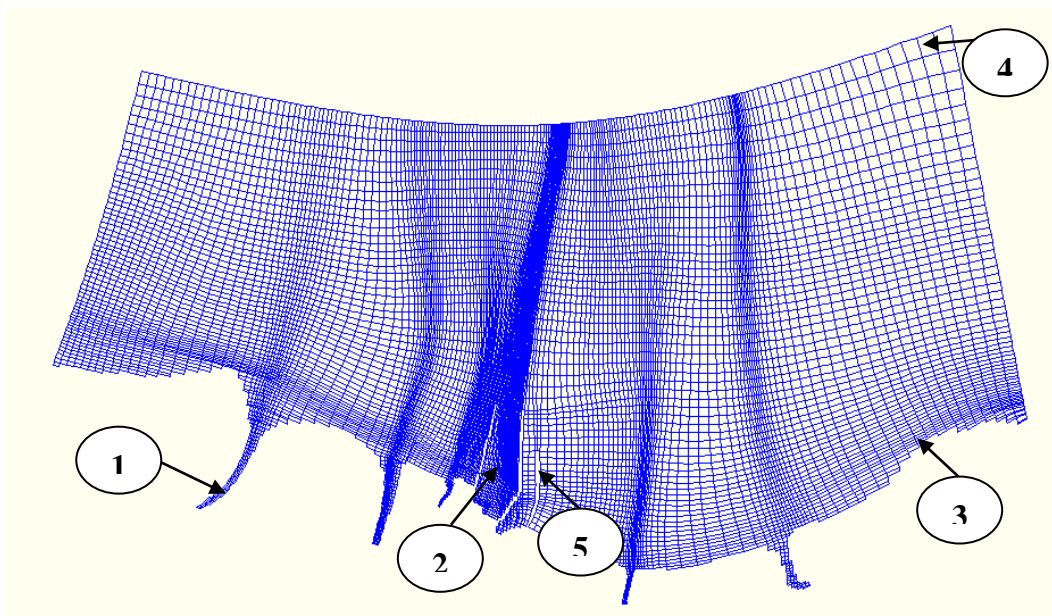


Gambar 4.5 Menu *software* delft3D (a), menu untuk membuat meshing (b)
(Sumber : Deltares, 2011)

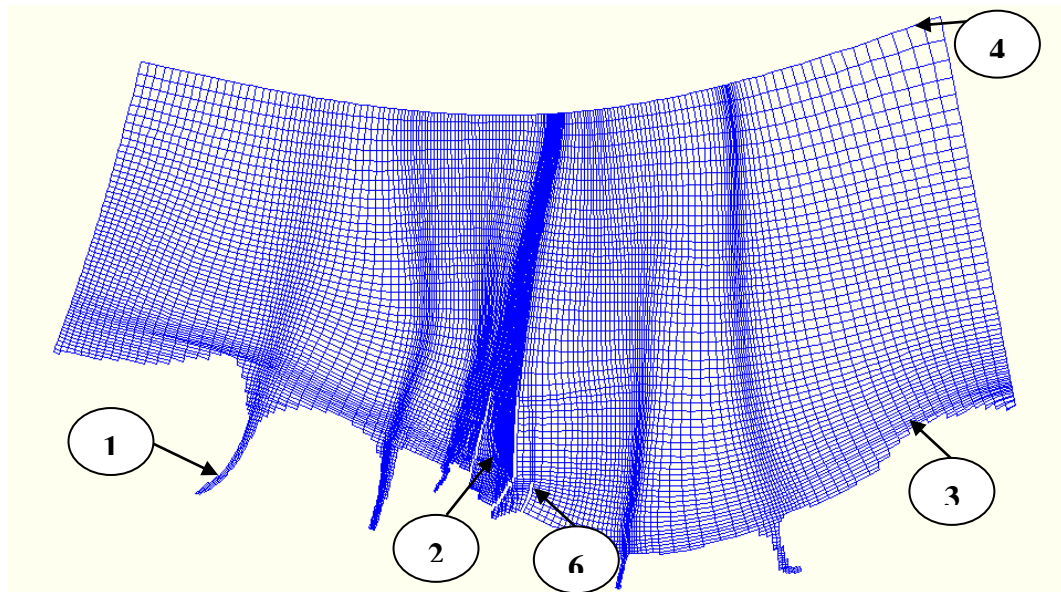
Dalam membuat mesing langkah pertama yang dilakukan adalah membuat grid seperti gambar grid berikut. Karena area yang di tinjau dalam tugas akhir ini adalah area yang dekat dengan pantai maka model grid dibuat semakin kecil ketika mendekati pantai. Hal ini bertujuan agar hasil model dari area yang di tinjau lebih detail.



Gambar 4.6 Grid kondisi awal (eksisting)



Gambar 4.7 Grid model pertama dengan *jetty* 746 meter



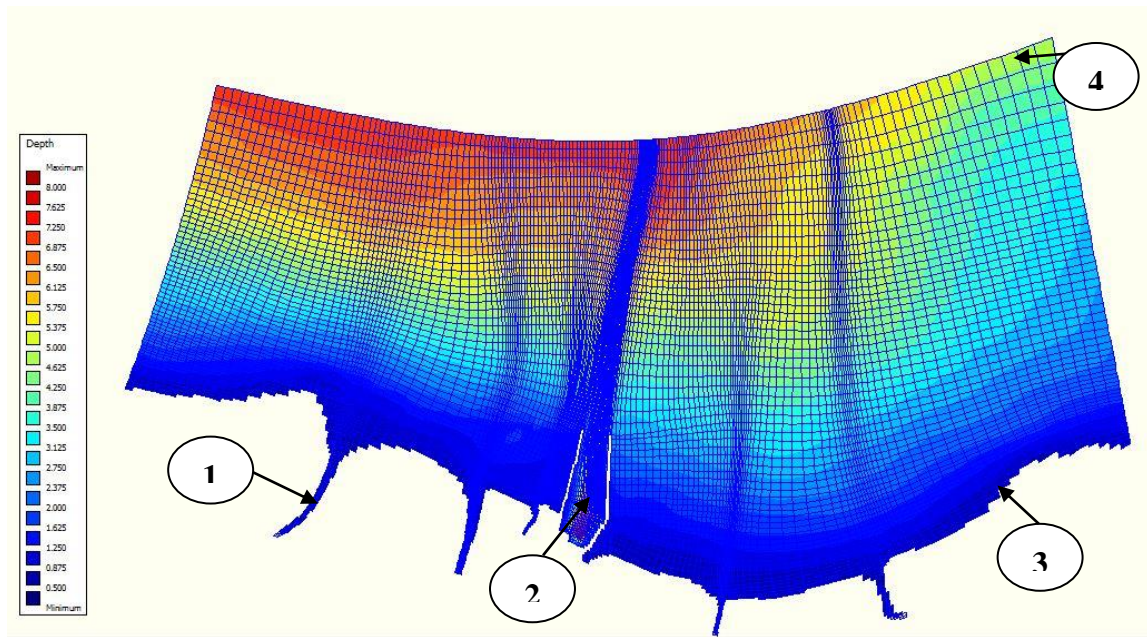
Gambar 4.8 Grid model kedua dengan *jetty* 322 meter

Keterangan :

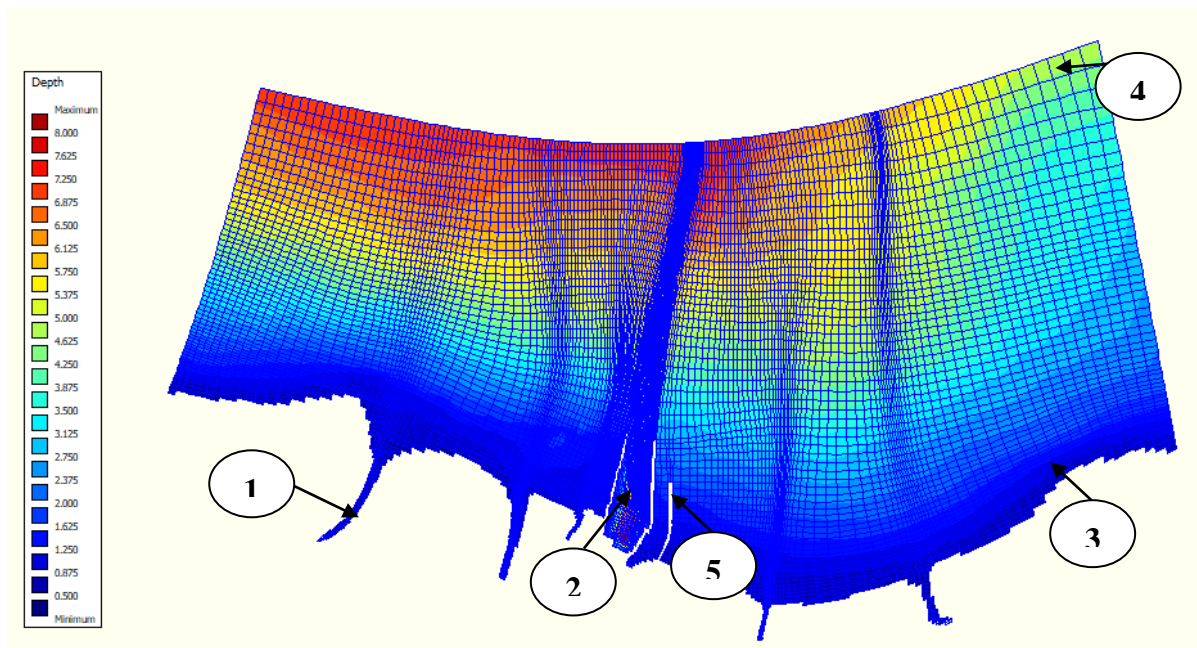
- 1= Area Sungai
- 2= Kolam labuh PLTU Lontar
- 3= Daerah Pantai
- 4= Laut Lepas
- 5= *Jetty* dengan panjang 764 m
- 6= *Jetty* dengan panjang 322 m

Ada tiga grid yang harus di buat yaitu grid kondisi awal (kondisi eksisting), grid dengan *jetty* sepanjang 746 meter dan grid dengan *jetty* sepanjang 322 meter. Masing – masing dengan bangunan *jetty* juga di tambah dengan *revetment*. Namun dalam *software* delft3D *revetment* dianggap *close boundary* sehingga disamakan dengan daratan. Gambar grid dapat dilihat pada gambar di atas.

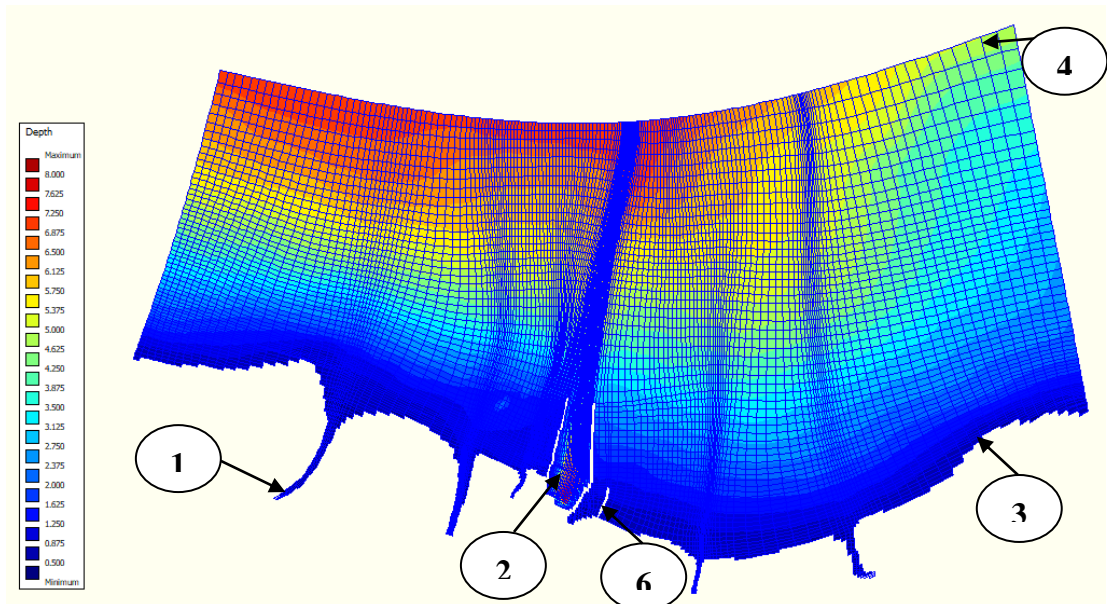
Grid di buat dalam menu grid kemudian pilih RGFGGRID yang terlihat pada gambar 4.5. Setelah selesai membuat grid, maka langkah selanjutnya adalah menginputkan file FGRGRID ke dalam QUICKIN untuk menginput kedalam dari masing-masing kontur. Penginputan kedala dilakukan dengan menginputkan file batimetri yang berformat XYZ. Gambar di bawa ini merupakan hasil dari pembuatan meshing. Warna dalam meshing tersebut menunjukan kedalam area tinjauan.



Gambar 4.9 Meshing kondisi awal (eksisting)



Gambar 4.10 Meshing model pertama dengan *jetty* 746 meter



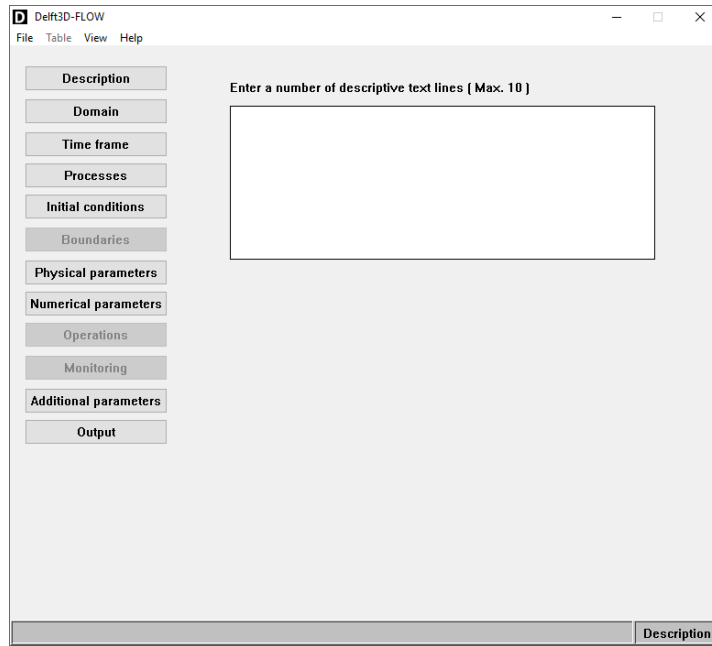
Gambar 4.11 Meshing model kedua dengan *jetty* 322 meter

Keterangan :

- 1= Area Sungai
- 2= Kolam labuh PLTU Lontar
- 3= Daerah Pantai
- 4= Laut Lepas
- 5= *Jetty* dengan panjang 764 m
- 6= *Jetty* dengan panjang 322 m

1.3 Delft3D-FLOW

Setelah membuat meshing tahap selanjutnya adalah menginput beberapa parameter pada delft3D-FLOW. Berikut merupakan parameter-parameter yang harus diinputkan pada delft3D-FLOW.



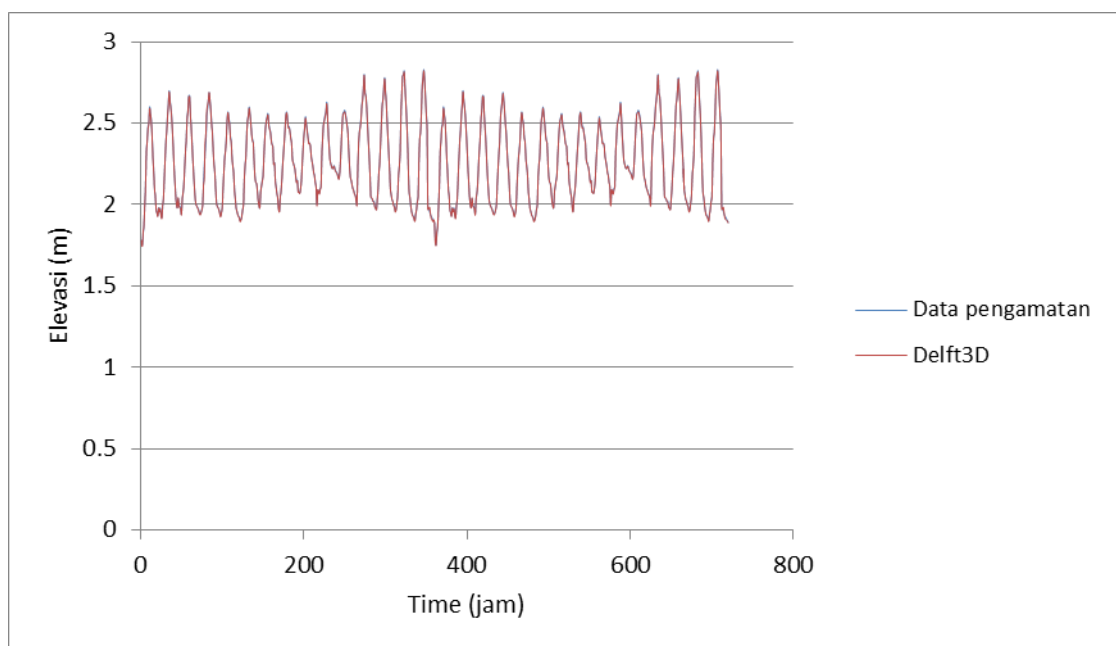
Gambar 4.12 Delft3D-FLOW input (Sumber : Deltares, 2011)

- Description : Kotak teks yang berfungsi untuk menerangkan tujuan dari simulasi
- Domain : Area yang di tinjau dalam permodelan
- Time Frame : Menu yang menginformasikan awal simulasi yang merekam setiap bangkitan yang terjadi dalam interval menit.
- Processes : Inputan tambahan dalam simulasi
- Boundaries : Menu yang memberikan informasi batasan-batasan dalam pemodelan
- Physical Parameters : Parameter fisik yang berkaitan dengan area studi
- Monitoring : Area yang mewakili semua area simulasi
- Output : Mengatur hasil simulasi

Simulasi dilakukan dalam 30 hari. Inputan data angin, salinitas, temperature serta sedimen mengikuti waktu dari data pasang surut yaitu selama 30 hari.

1.4 Validasi

Validasi dilakukan dengan mencocokkan data inputan pasang surut dari proses pengamatan dengan data hasil simulasi numerik pada *software* delft3D. Hal ini bertujuan agar simulasi yang dilakukan sesuai dengan keadaan di lokasi nyata. Hasil yang digunakan validasi berasal dari hasil simulasi kondisi awal (kondisi eksisting) Validasi pasang surut dilakukan dengan mencocokkan hasil simulasi *water level* dengan data pasang surut. Data pasang surut selama 30 hari diinputkan di delft3D sehingga akan di dapatkan grafik yang sesuai dengan data hasil pengamatan. Dari hasil validasi pasang surut terdapat eror sebesar 0,25%. Eror sebesar 0.25 % membuktikan bahwa model sesuai dengan kondisi yang sebenarnya. Berikut merupakan grafik perbandingan antara data pengamatan lapangan dengan hasil simulasi delft3D.



Gambar 4.13 Grafik validasi pasang surut

1.5 Hasil Simulasi

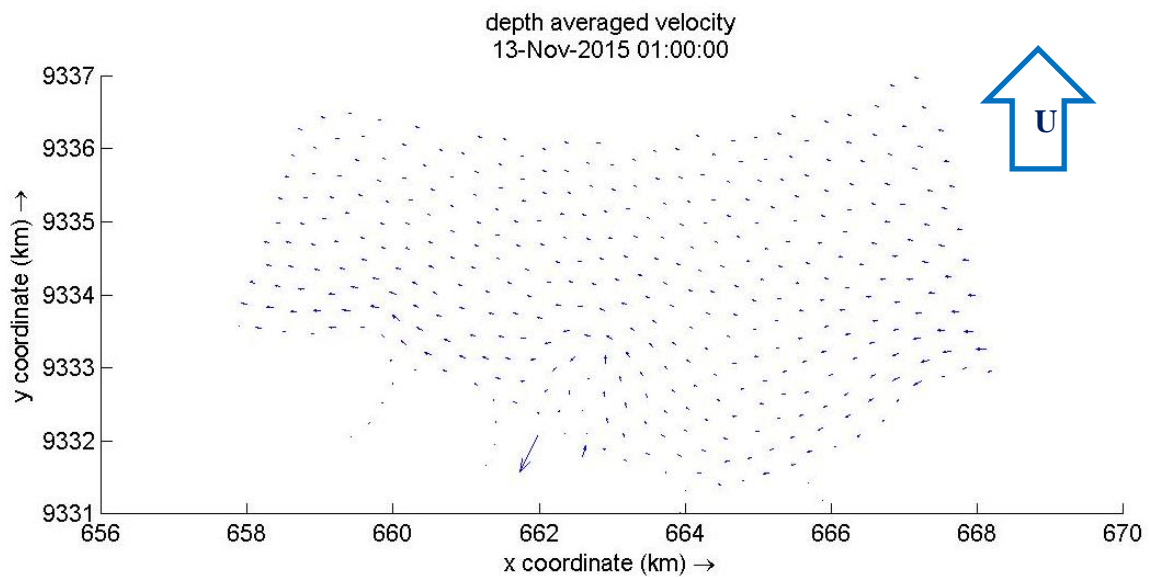
Simulasi dilakukan dalam tiga model yaitu model dalam kondisi awal (eksisting), model pada saat ada bangunan *revetment* dan *jetty* sepanjang

746 meter serta model pada saat ada bangunan *revetment* dan *jetty* sepanjang 322 meter. Dalam penentuan alternatif bangunan yang paling efektif untuk penanggulangan erosi pantai dapat dilihat dari hasil simulasi pola arus dan perubahan morfologi yang terjadi.

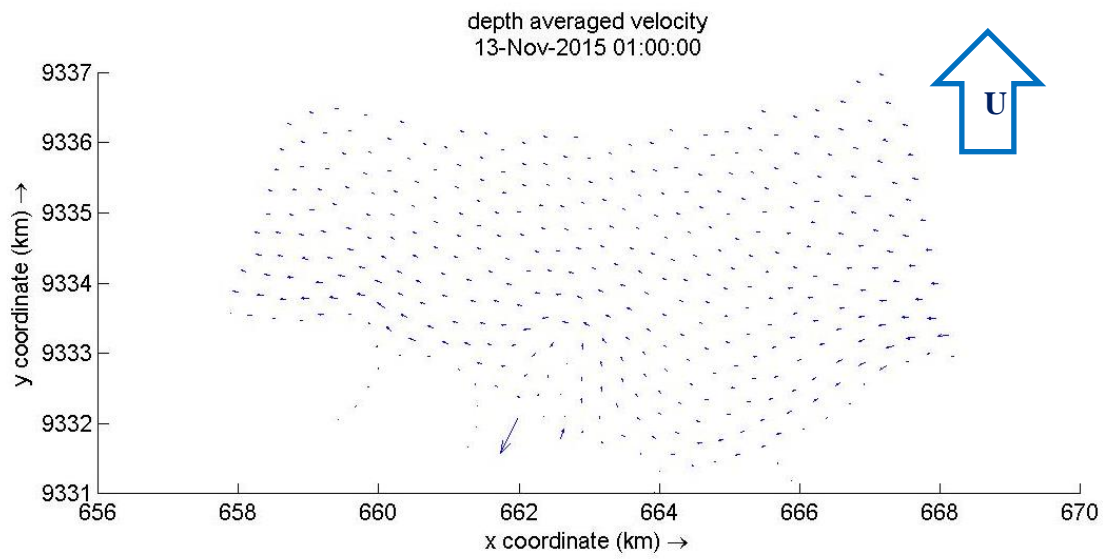
Dari simulasi *software* delft3D selama 30 hari di dapat hasil pola arus dan perubahan morfologi pantai sebagai berikut:

4.5.1. Pola arus

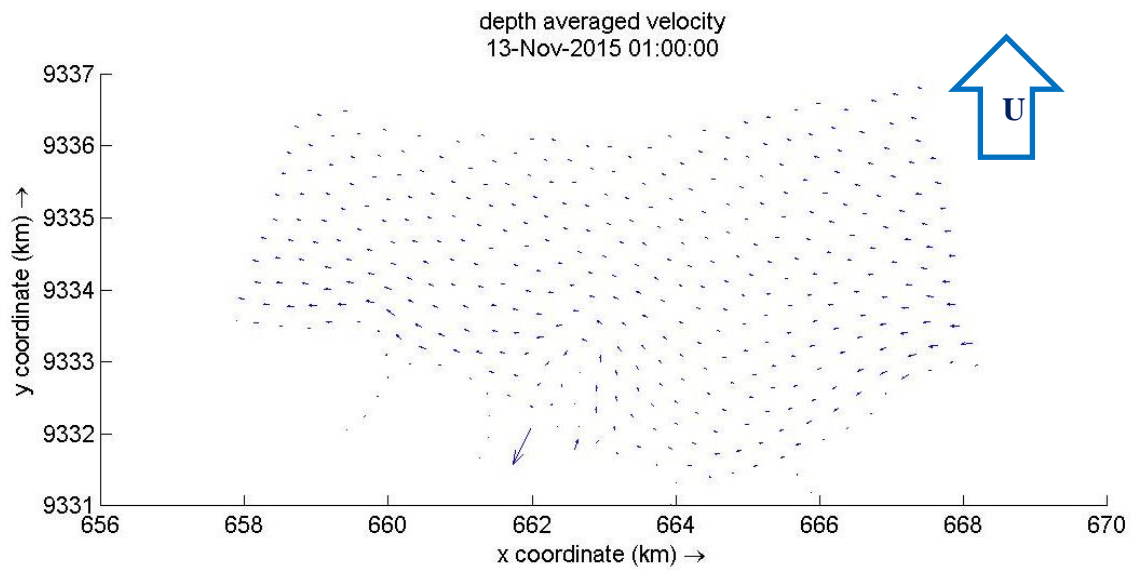
Hasil simulasi *software* delft3D menunjukkan bahwa arus berasal dari arah timur pada saat pasang tertinggi dan arus yang datang dari utara pada saat surut terendah. Berikut merupakan gambar dari pola arus dari tiga model yang di lihat pada saat pasang tertinggi dan surut terendah.



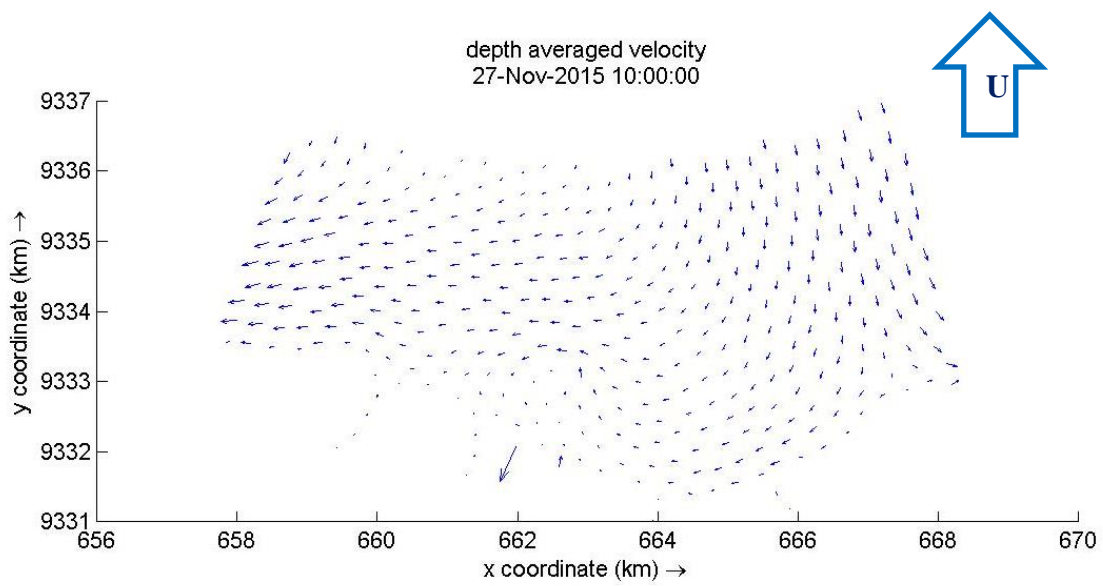
Gambar 4.14 *Depth average velocity* kondisi eksisting pada saat surut terendah



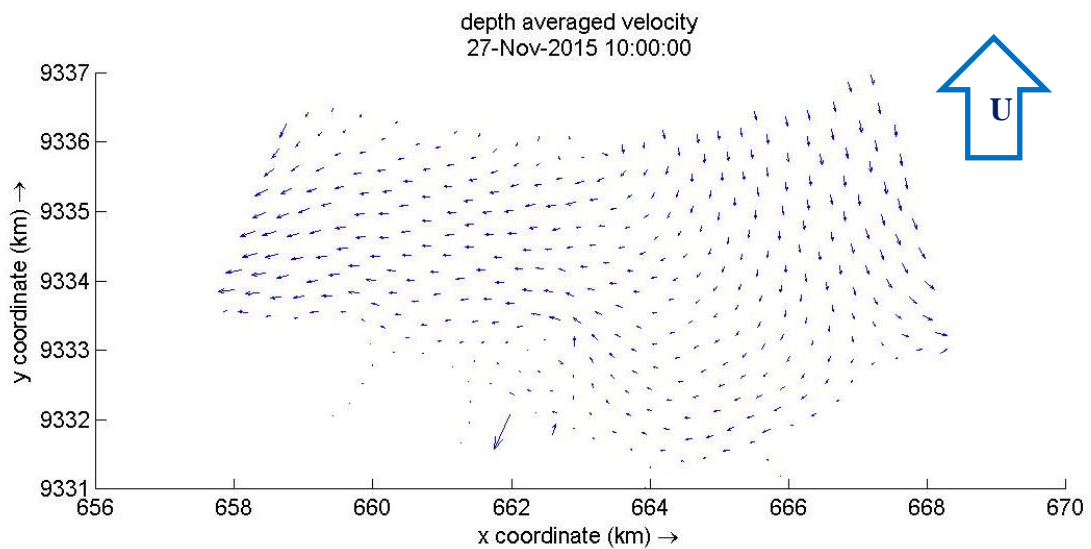
Gambar 4.15 *Depth average velocity* model 1 pada saat surut terendah



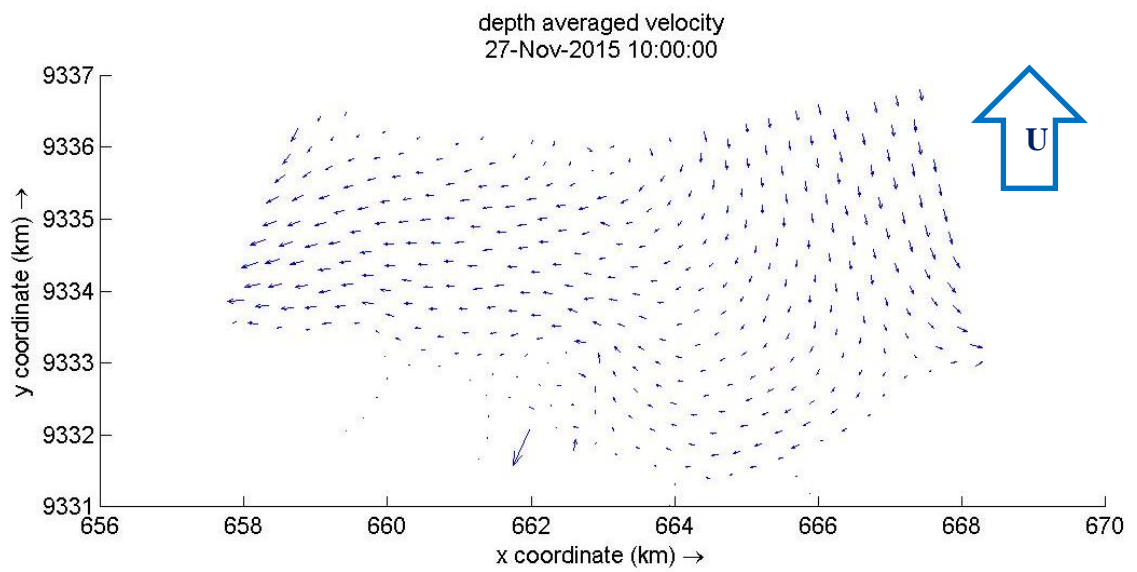
Gambar 4.16 *Depth average velocity* model 2 pada saat surut terendah



Gambar 4.17 *Depth average velocity* pada model kondisi eksisting saat pasang tertinggi

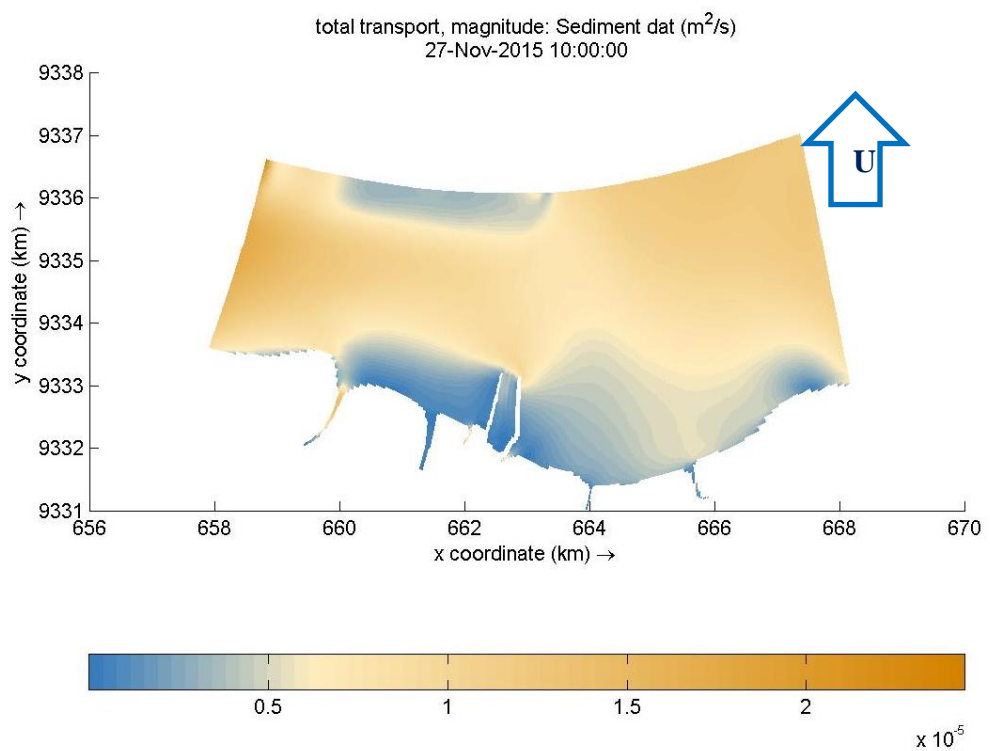


Gambar 4.18 *Depth average velocity* pada model 1 saat pasang tertinggi

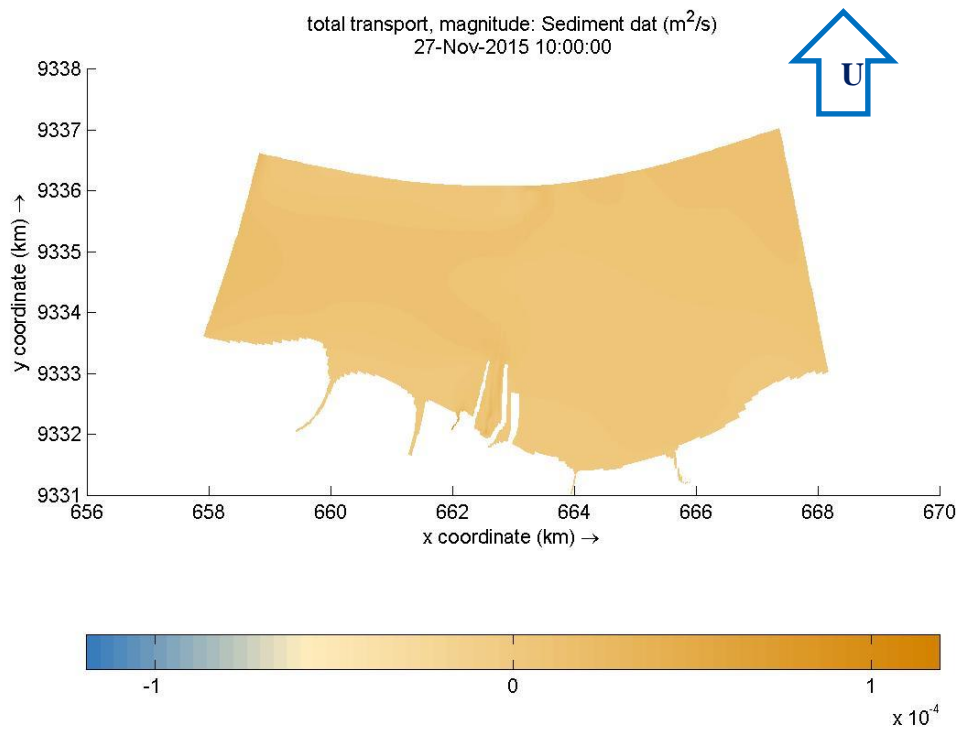


Gambar 4.19 *Depth average velocity* pada model 2 saat pasang tertinggi

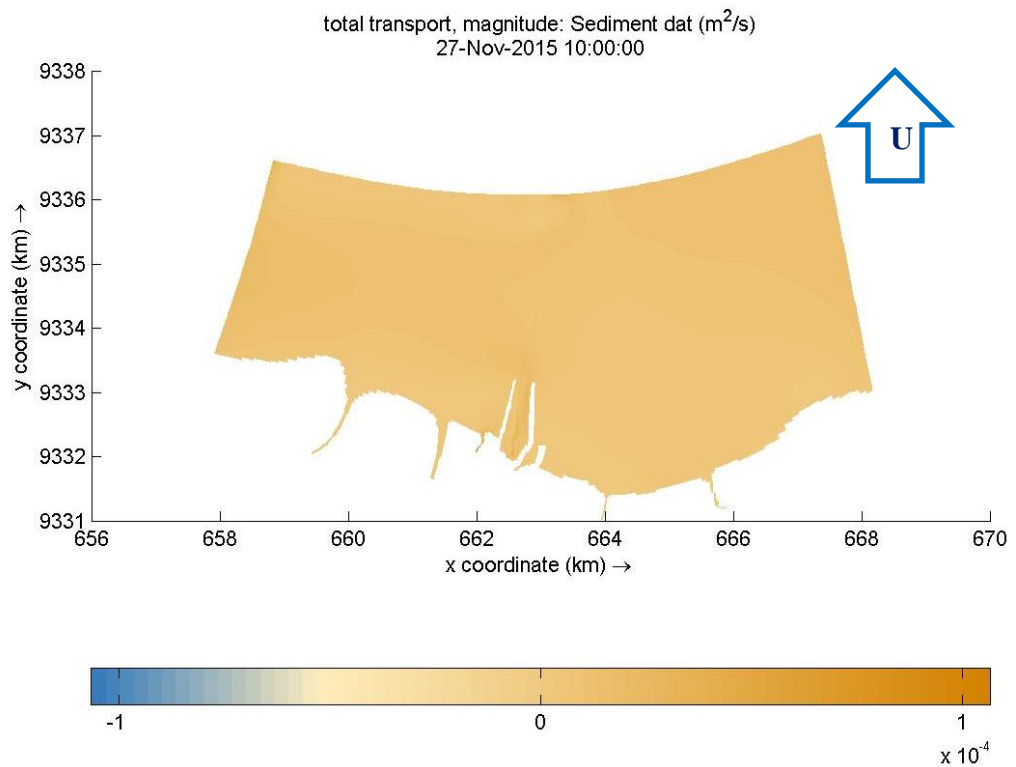
4.5.2. Pola Sebaran Sedimen



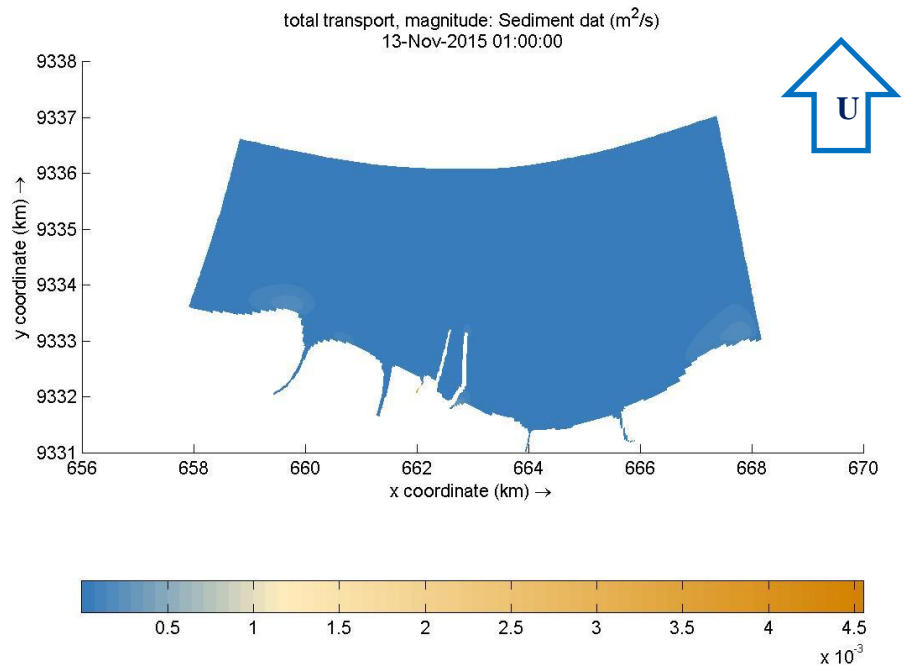
Gambar 4.20 Pola sebaran sedimen kondisi eksisiting saat pasang tertinggi



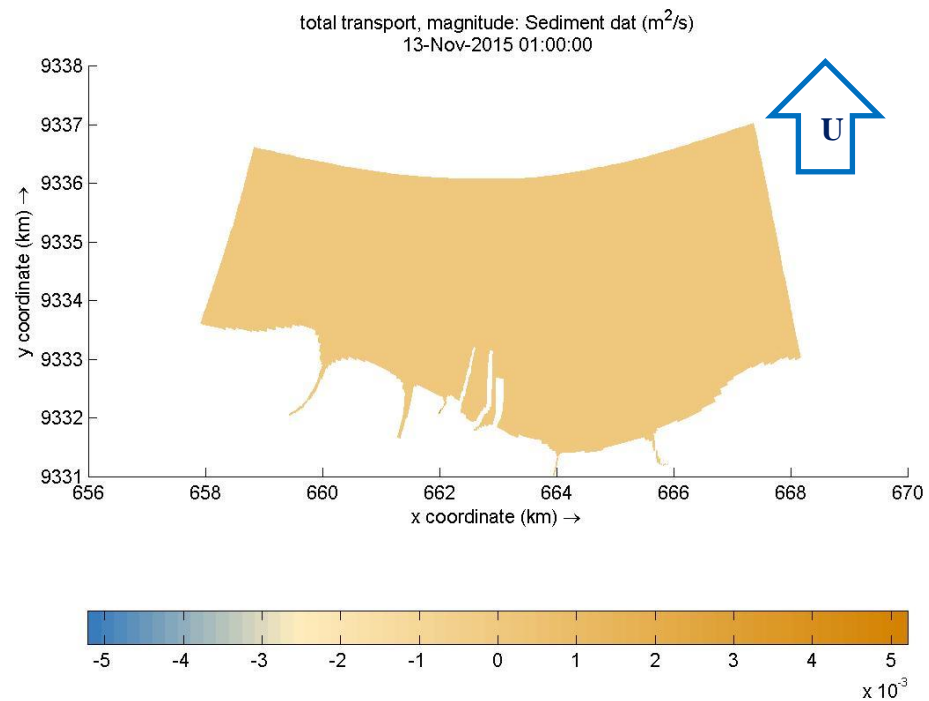
Gambar 4.21 Pola sebaran sedimen model 1 saat pasang tertinggi



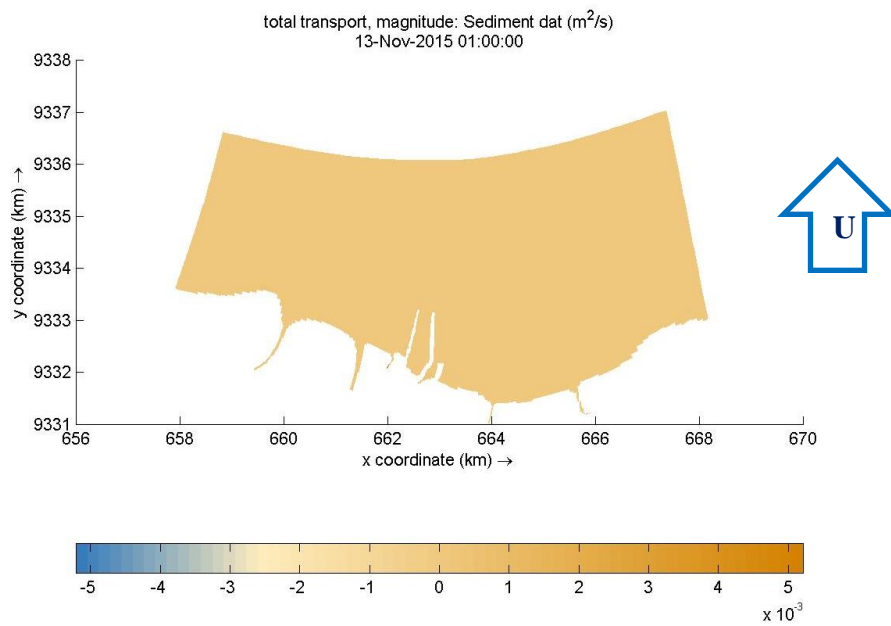
Gambar 4.22 Pola sebaran sedimen model 2 saat pasang tertinggi



Gambar 4.23 Pola sebaran sedimen kondisi eksisting saat surut terendah



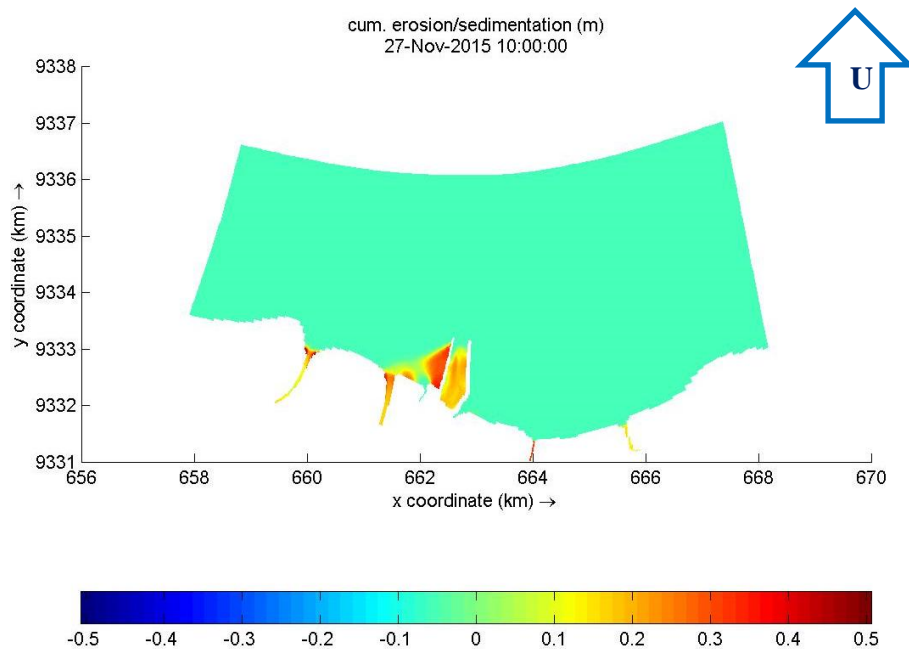
Gambar 4.24 Pola sebaran sedimen model 1 saat surut terendah



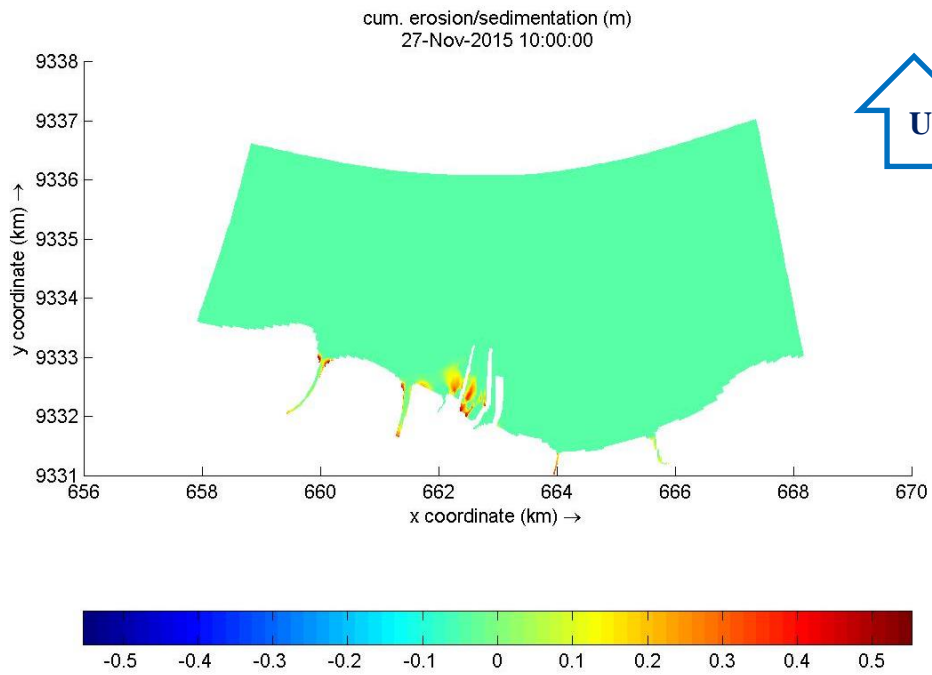
Gambar 4.25 Pola sebaran sedimen model 2 saat surut terendah

4.5.3. Perubahan Morfologi

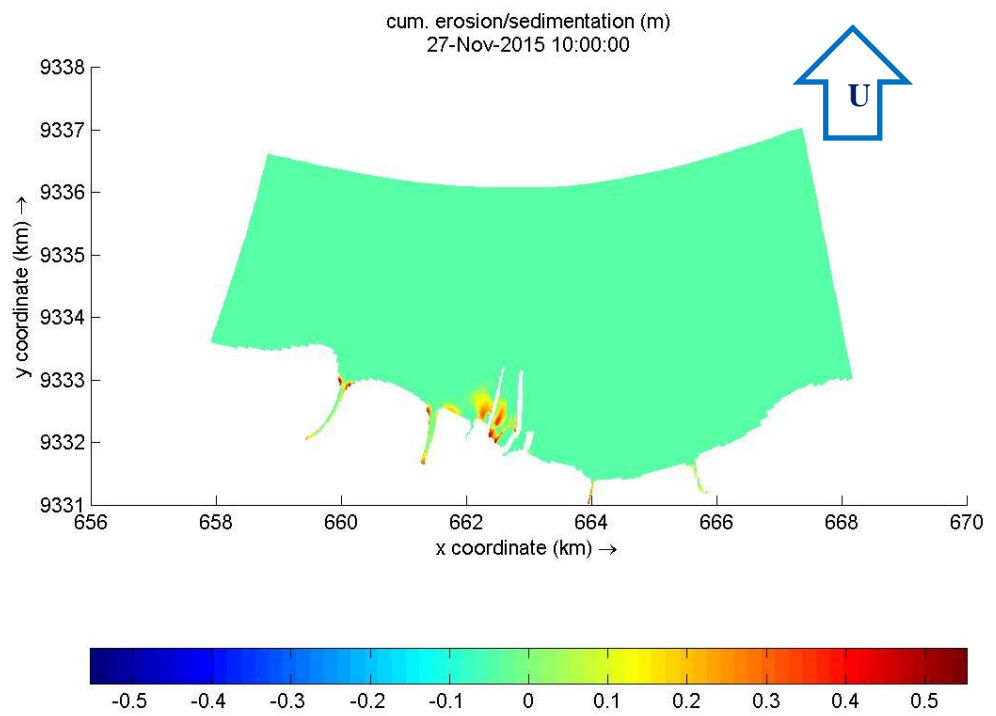
Berikut merupakan gambar perubahan morfologi yang di akibatkan oleh angkutan sedimen, erosi dan sedimentasi. Nilai negatif menunjukan terjadi erosi dan nilai positif menunjukan terjadi sedimentasi.



Gambar 4.26 Perubahan morfologi kondisi eksisting



Gambar 4.27 Perubahan morfologi model 1



Gambar 4.28 Perubahan morfologi model 2

1.6 Pemilihan Alternatif Penanggulangan Erosi

Pemilihan alternatif bangunan pelindung pantai yang sesuai untuk menanggulangi masalah erosi yang terjadi di pantai lontar dapat dilakukan dengan simulasi numerik *software* delft3D. Dari simulasi numerik tersebut dapat dilihat pola arus dan perubahan morfologi yang terjadi kemudian dari kedua model tersebut dapat di analisa keefektivitasan model dalam menghambat laju erosi. Namun sebelum melakukan simulasi numerik dilakukan pemilihan bangunan yang cocok dengan menganalisa fungsi dari bangunan tersebut. Bangunan yang di cari adalah bangunan yang dapat menanggulangi masalah erosi di pantai lontar. Ada dua bangunan yang dijadikan alternatif penanggulangan masalah erosi di pantai lontar yaitu :

1. *Revetment*

Revetment merupakan bangunan yang memisahkan lautan dan daratan, yang berfungsi untuk melindungi pantai dari erosi dan limpasan gelombang. *Revetment* di pilih karena kondisi gelombang di laut utara jawa tidak terlalu ekstrim. Pada area pantai lontar juga memiliki arus sejajar garis pantai dari timur ke barat dan dari barat ke timur yang dapat terus mengerosi pantai. Jenis *revetment* yang di pilih adalah tipe *quarrrystone revetment*. *Quarrrystone revetment* merupakan *revetment* yang terdiri dari batuan yang ditata sedemikian rupa dan dalam beberapa layer peindung. Tipe ini dipilih berdasarkan kondisi tanah pada area studi, ketersediaan material dan perlawanan struktur terhadap gelombang.

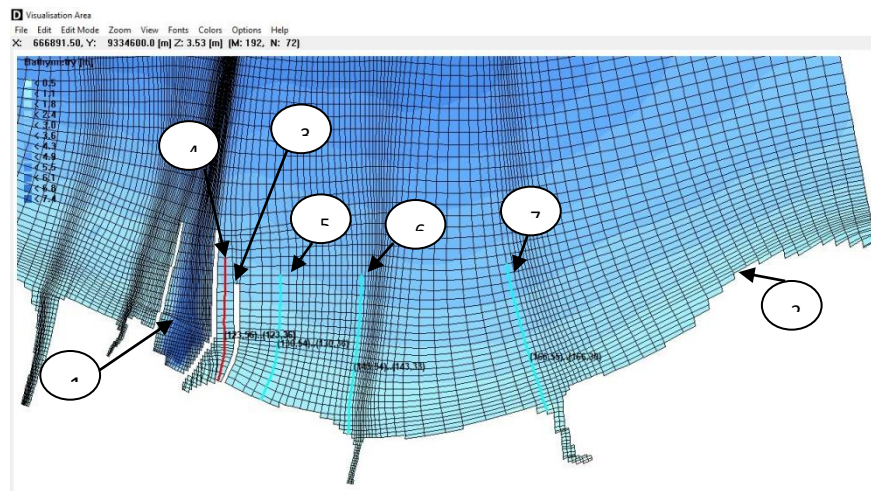
Quarrrystone revetment dirasa lebih baik dari pada jenis *revetment* yang masif karena jika struktur masif mengalami penurunan tanah maka struktur tersebut akan gagal sedangkan struktur yang fleksibel seperti *quarrrystone revetment* jika terjadi penurunan tanah maka struktur masih bisa menyesuaikan bentuk dasar. *Revetment* yang terdiri dari bebatuan dapat dirawat dengan mudah karena jika ada batu yang runtuh terbawa arus maka hanya perlu menambah atau mengganti batu yang hilang tersebut.

2. Jetty

Struktur yang kedua adalah *jetty* tipe *rubble mound*. *Jetty* digunakan untuk melindungi kolam *outlet* dari sedimentasi. Panjang *jetty* akan divariasikan untuk mengetahui keefektifan dari bangunan dalam mengurangi laju erosi.

Setelah bangunan terpilih selanjutnya akan dilakukan simulasi dengan menggunakan model. Model pertama dilakukan dengan struktur *revetment* sepanjang 3000 meter dan struktur *jetty* sepanjang 746 meter. Model kedua dilakukan dengan struktur *revetment* sepanjang 3000 meter dan *jetty* sepanjang 322 meter.

Setelah dilakukan simulasi dengan *software* delft3D didapatkan hasil yang menunjukkan bahwa model pertama lebih baik menghambat laju erosi. Dalam model kedua erosi dapat berkurang sedikit demi sedikit sehingga alternatif yang di ambil adalah model pertama. Perbandingan hasil simulasi dapat terlihat dari tabel berikut :



Gambar 4.29 Peletakan *cross section* pada area simulasi

Tabel 4.5 Perbandingan perubahan morfologi pantai pada setiap model di area studi

Kondisi	Area sebelah timur jetty			Area sebelah barat jetty	Volume M3/bln
	cs 1	cs 2	cs 3	cs 4	
Eksisting	0.005	-0.021	-0.142	0.0126	-39776.7
Model 1	-0.005	-0.013	-0.176	0.0003	-5453.07
Model 2	-0.001	-0.021	-0.142	0.0085	-1566.29

Dengan :

- Cs 1 : *crossection* pada *software* delft3D pertama
- Cs 2 : *crossection* pada *software* delft3D kedua
- Cs 3 : *crossection* pada *software* delft3D ketiga
- Cs 4 : *crossection* pada *software* delft3D keempat

Dari hasil di atas nilai negatif menunjukkan bahwa area yang di tinjau mengalami erosi sedangkan nilai positif menunjukkan bahwa area yang di tinjau mengalami sedimentasi. Dalam hasil pemodelan pada area timur *jetty* masih mengalami erosi namun erosi yang terjadi lebih sedikit dari kondisi eksisting. Kemudian untuk area barat *jetty* masih mengalami sedimentasi namun sedimentasi yang terjadi berkurang dari sebelumnya.

1.7 Perencanaan Bangunan Pelindung pantai

Bangunan pelindung pantai dapat digunakan untuk melindungi pantai dari serangan gelombang dan arus. Dalam tugas akhir ini digunakan alternatif model kedua untuk menanggulangi masalah yang terjadi yaitu menggunakan bangunan *revetment* dan *jetty* sepanjang 322 meter. *Jetty* akan di letakan di dekat kolam *outlet* PLTU Lontar yang mengalami erosi. Selain itu *jetty* digunakan untuk mencegah transport sedimen yang masuk ke kolam *outlet*. Berikut merupakan analisa perencanaan *revetment* dan *jetty*.

1. Elevasi muka air rencana (DWL)

$$DWL = MHWL + S_w + SLR$$

- *Water set up* (S_w)

$$SW = 0.19 \left[1 - 2.82 \sqrt{\frac{H_b}{g T^2}} \right] H_b$$

- HHWL = 1.44 meter

Sehingga di dapat DWL = 1.82 meter

2. Perhitungan Struktur *revetment*

- Elevasi muka bangunan

$$\text{Elevasi mercu} = DWL + R_u + F_b$$

Dengan :

Ru : *Run up* gelombang (mencari nilai iribaren kemudian di plot ke grafik 7.33 buku Bambang triatmodjo)

Fb : Tinggi jagaan (0.5-1.5 meter)

- Perhitungan lapis lindung pertama

Dalam perencanaan bangunan pantai akan ditentukan berat batu pelindung yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus *Hudson*.

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{KD \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_a} - 1 \right)^3 \cot \theta}$$

Dengan :

γ_r : berat jenis batu (2.5 ton/m³ untuk tetrapod dan 2.65 ton/m³ untuk batu alam)

γ_a : berat jenis air laut (1.025 ton/m³)

H : tinggi gelombang rencana (di dapat dari analisa refraksi)

θ : sudut keiringan sisi pemecah gelombang

KD : koefisien stabilitas yang tergantung pada bentuk batu pelindung (batu alam atau buatan), kekasaran permukaan batu, ketajaman sisinya, ikatan antar butir dan keadaan pecahnya gelombang.

Tabel 4.6 Koefisien Stabilitas KD untuk berbagai jenis butir.

	n	Penempatan	Lengan Bangunan		Ujung (Kepala) Bangunan		Kemiringan
			K _D		K _D		
			Gelombang Pecah	Gelombang Tidak Pecah	Gelombang Pecah	Gelombang Tidak Pecah	
Batu Pecah	2	Acak	1.2	2.4	1.1	1.9	1.5 - 3.0
Bulat Halus	> 3	Acak	1.6	3.2	1.4	2.3	σ ²
Bersudut Kasar	1	Acak	σ ¹	2.9	σ ¹	2.3	σ ²
Bersudut Kasar	2	Acak	2	4	1.9	3.2	1.5
					1.6	2.8	2
Bersudut Kasar	> 3	Acak	2.2	4.5	1.3	2.3	3
					2.1	4.2	σ ²
Bersudut Kasar	2	Khusus σ ¹	5.8	7	5.3	6.4	σ ²
Paratelepedum	2	Khusus	7 - 20.	8.5 - 24	-	-	
Tetrapod dan Quadripod	2	Acak	7	8	5	6	1.5
					4.5	5.5	2
Tribar	2	Acak	9	10	3.5	4	3
					8.3	9	1.5
Dolos	2	Acak	15.8	31.8	7.8	8.5	2
					6	6.5	3
Kubus Dimodifikasi	2	Acak	6.5	7.5	8	16	2
					7	14	3
Hexapod	2	Acak	8	9.5	5	7	σ ²
Tribar	1	Seragam	12	15	7.5	9.5	σ ²
Batu Pecah (KRR) (Graded Angular)	-	Acak	2.2	2.5	-	-	

(Sumber: Teknik Pantai, Bambang Triatmodjo)

Catatan :

n : jumlah susunan butir batu dalam lapis pelindung.

α^1 : penggunaan $n=1$ tidak disarankan untuk gelombang pecah

α^2 : sampai ada ketentuan lebih lanjut tentang nilai KD, penggunaan KD di batasi pada kemiringan 1:1.5 dan 1:3

α^3 : batu di tempatkan dengan sumbu panjangnya tegak lurus permukaan bangunan

Tabel 4.7 Koefisien Lapis

Batu Pelindung	n	Penempatan	Koefisien Lapis ($k\Delta$)	Porositas P(%)
Batu alam (halus)	2	random (acak)	1.02	38
Batu alam (kasar)	2	random (acak)	1.15	37
Batu alam (kasar)	> 3	random (acak)	1.1	40
Kubus	2	random (acak)	1.1	47
Tetrapod	2	random (acak)	1.04	50
Quadripod	2	random (acak)	0.95	49
Hexapod	2	random (acak)	1.15	47
Tribard	2	random (acak)	1.02	54
Dolos	2	random (acak)	1	63
Tribar	1	seragam	1.13	47
Batu alam		random (acak)		37

(Sumber: Teknik Pantai, Bambang Triatmodjo).

Tebal lapis Lindung (t).

$$t = 2 X \left[\frac{W}{\gamma_b} \right]^{\frac{1}{3}}$$

Dengan :

W : berat butir batu lapis Lindung

γ_b : berat jenis batuan

Lebar Mercu (B)

$$B = n k_{\Delta} \left(\frac{W}{\gamma_r} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Dengan :

n : jumlah butir batu (n minimal = 3)

$k\Delta$: koefisien lapis

Berat *Toe protection* (Wt)

$$Wt = \frac{\gamma_b H^3}{N_s^3 \left(\frac{\gamma_r}{\gamma_a} - 1 \right)}$$

Dengan :

Ns : angka stabilitas rencana untuk pondasi dan *toe protection*

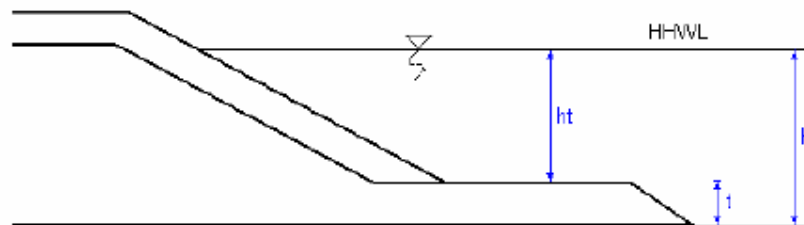
Tinggi *toe protection* (t)

$$t = h - ht$$

Dengan :

h : kedalaman dasar laut terhadap HHWL

ht : kedalamn *toe protection* terhadap HHWL



Gambar 4.30 Parameter perhitungan tinggi *toe protection*

Lebar *toe protection* (B)

$$B = 2h$$

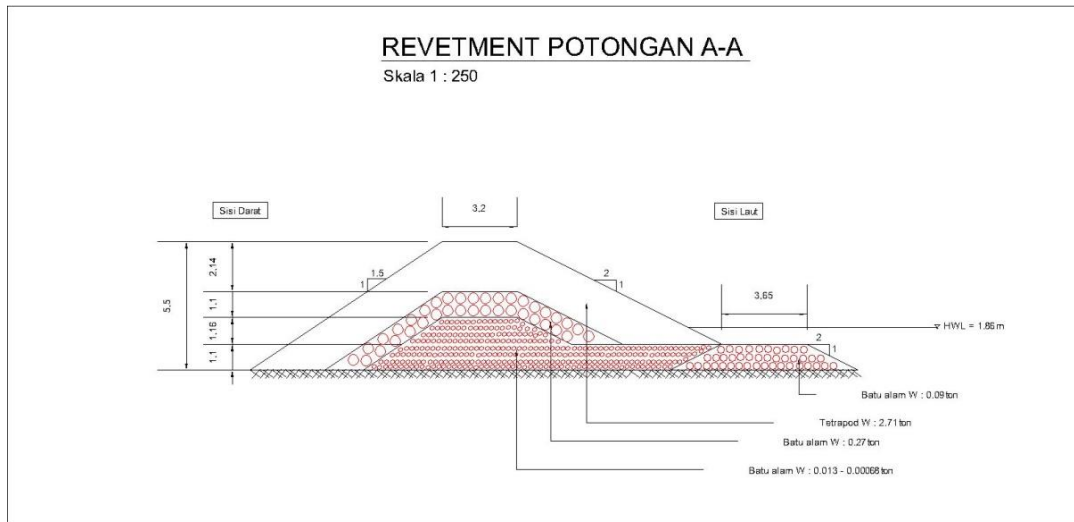
Semua perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus di atas hanya saja untuk setiap layer memiliki W yang berbeda-beda. Berikut merupakan hasil perhitungan dimensi *revetment* dan *jetty*.

- Perhitungan dimensi *revetment*

Panjang *revetment* 3000 meter

Tabel 4.8 Dimensi *revetment*

Lapisan	W	B	t	N
	(ton)	(m)	(m)	(butir/1 m ²)
Pertama	2.71	3.2	2.14	1
Kedua	0.270	3.2	1.1	-
Inti	0.013-0.0007	3.2	2.26	-
Kaki pelindung	0.09	3.65	1.1	-



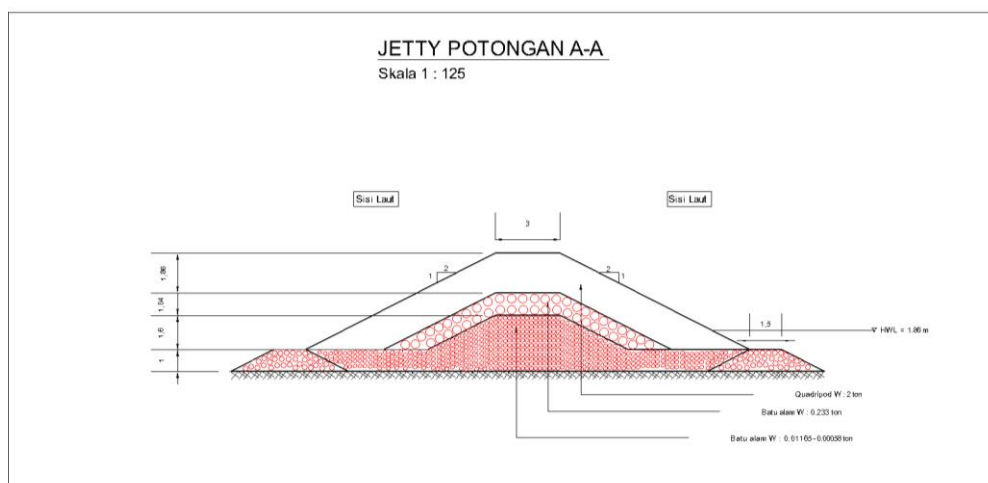
Gambar 4.31 *Layout revetment* irisan melintang

- Perhitungan dimensi *jetty*

Panjang *jetty* : 322 meter.

Tabel 4.10 Dimensi *jetty*

Lapisan	W	B	t	N
	(ton)	(m)	(m)	(butir/1 m ²)
Pertama	2	3	1.88	1
Kedua	0.241	3	1.06	-
Inti	0.012-0.0006	3	2.26	-
Kaki pelindung	0.241	1.51	0.24	-



Gambar 4.32 *Layout jetty* potongan melintang

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan dari tugas akhir adalah :

1. Alternatif yang digunakan untuk menanggulangi erosi adalah *revetment* dan *jetty*. *Revetment* di pilih untuk melindungi garis pantai dari arus sejajar garis pantai (*long shore current*) dan arus dari *outlet*. Kemudian *jetty* di pilih untuk melindungi *outlet* dari sedimentasi. Dengan adanya *jetty* dan *revetment* dapat mengurangi tingkat erosi pada area sebelah timur kolam labuh PLTU Lontar.
2. *Revetment* di bangun dengan panjang 3000 meter dan *jetty* sepanjang 322 meter.

5.2. Saran

Untuk penelitian selanjutnya analisa kestabilan struktur dan perhitungan rancangan anggaran biaya dalam perencanaan bangunan pelindung pantai dapat di perhitungkan sehingga dapat di ketahui stabilitas struktur dan biaya yang di gunakan dalam pembangunan struktur pelindung pantai tersebut.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Boonastria, C.M.D. 2014. "Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai Untuk Mengatasi Kemunduran Garis Pantai Teluk Penyu, Cilacap, Jawa Tengah". **Jurnal Teknik Pomits** Vol. 1, No. 1, 1-6
- Darajat, R. 2000. **Studi Perubahan Garis Pantai dan Perencanaan Perlindungannya di Pantai Kerawang Jawa Barat**, Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan ITS. Surabaya
- Deltares. 2011. **Simulation of Multi-Dimensional Hydrodynamic Flow and Transport Phenomena, Including Sediments**, Deltares. Netherland.
- Fictor, K. 2013. **Pengaruh Torsi dan Horsepower Pada Kendaraan**. entertainment123fisikaku.wordpress.com. (diakses pada 11 Juli 2017)
- Hafli, T. M. 2014. **Simulasi Numerik Perubahan Morfologi Pantai Akibat Kontruksi Jetty Pada Muara Lambada Lhok Aceh Besar Menggunakan Software Delft3D**, Tugas Akhir Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Syiah Kuala Darussalam. Banda Aceh
- Hakim, B. A., Suharyanto., dan Wahju, K.H. 2012. "Efektifitas Penanggulangan Abrasi Menggunakan Bangunan Pantai di Pesisir Kota Semarang". **Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan**. Semarang. 11 September
- Hasan, R. S. 2016. **Analisis Perubahan Profil Pantai dengan Menggunakan Software Delft3**, Tugas Akhir Jurusan Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan ITS. Surabaya
- Lie, J. 2015. **Pasang Surut Air Laut**. <http://ipa-planet.blogspot.co.id> (diakses tanggal 11 Juli 2017)
- Nontji, A. 1993. **Laut Nusantara**, Djambatan, Jakarta
- Pond, S dan G.L Pickard. 1983. **Introductory Dynamical Oceanography 2nd Edition**, New York
- Pratikto, W. A., Suntoyo., Sholihin., Sambodho, K., Taufik dan Yahya, D. 1999. **Struktur Pelindung Pantai**, ITS. Surabaya
- Sorensen, R. M. 1978. **Basic Coastal Engineering**, John Willey and Sons. New York

Triatmodjo, Bambang. 1999. **Teknik Pantai Edisi Ke Dua**, Yogyakarta: Beta Offset

Young, I.R. 1999. **Wind Generated Ocean Waves**, Elsevier

Yuwono, Nur. 2005. **Draf Pedoman Pengamanan dan Penanganan Pantai**, Jakarta : Departemen Pekerjaan Umum

WINDROSE TAHUN 2004


Met Data Information

Frequency Count

Frequency Distribution

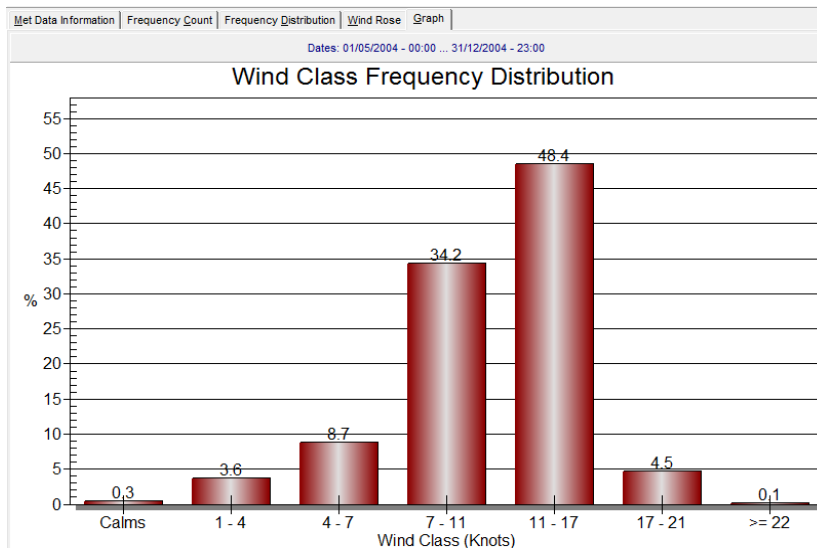
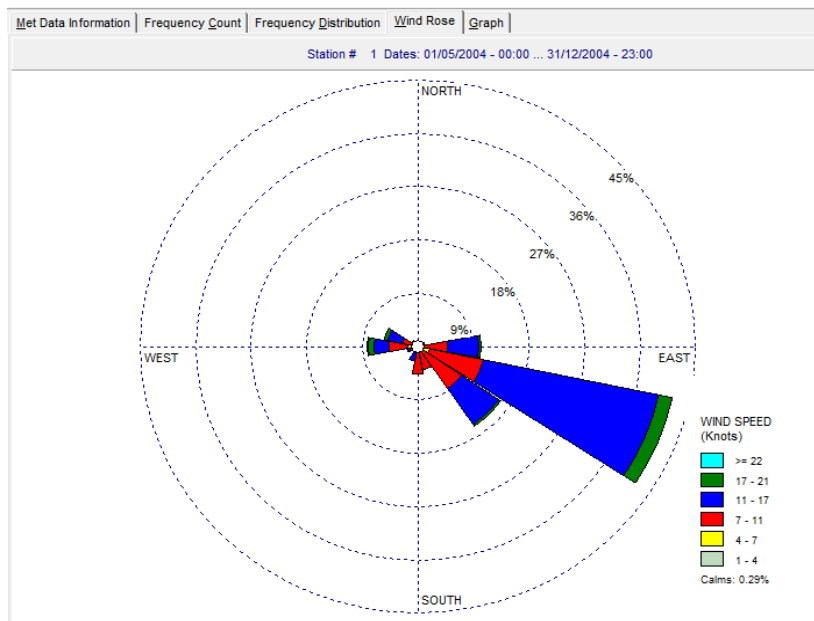
Wind Rose

Graph



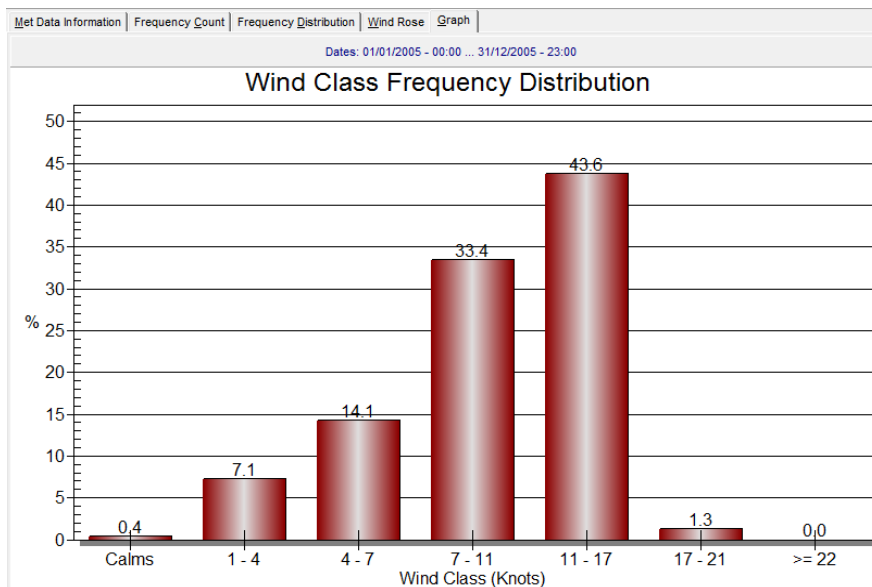
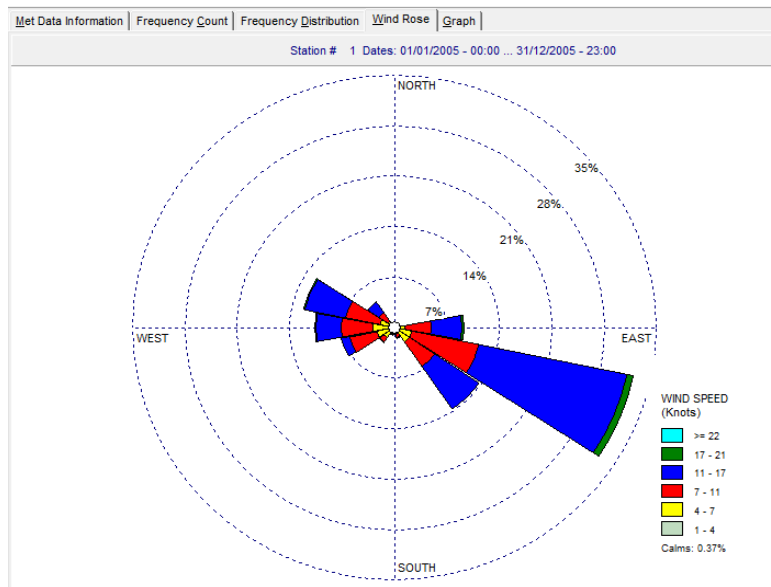
Dates: 01/05/2004 - 00:00 ... 31/12/2004 - 23:00

	Directions / Wind Classes (Knots)	1 - 4	4 - 7	7 - 11	11 - 17	17 - 21	>= 22	Total
1	348.75 - 11.25	11	0	0	0	0	0	11
2	11.25 - 33.75	14	0	0	0	0	0	14
3	33.75 - 56.25	11	4	1	0	0	0	16
4	56.25 - 78.75	20	38	13	3	0	0	74
5	78.75 - 101.25	12	46	229	293	25	0	605
6	101.25 - 123.75	11	111	519	1698	132	0	2471
7	123.75 - 146.25	12	51	442	435	13	0	953
8	146.25 - 168.75	9	26	203	8	0	0	246
9	168.75 - 191.25	17	25	234	0	0	0	276
10	191.25 - 213.75	2	8	58	90	0	0	158
11	213.75 - 236.25	9	13	0	0	0	0	22
12	236.25 - 258.75	21	38	24	22	3	0	108
13	258.75 - 281.25	15	89	170	145	57	7	483
14	281.25 - 303.75	16	43	93	144	37	0	333
15	303.75 - 326.25	22	19	25	6	0	0	72
16	326.25 - 348.75	11	2	0	0	0	0	13
	Sub-Total	213	513	2011	2844	267	7	5855
	Calms							17
	Missing/incomplete							1
	Total							5873



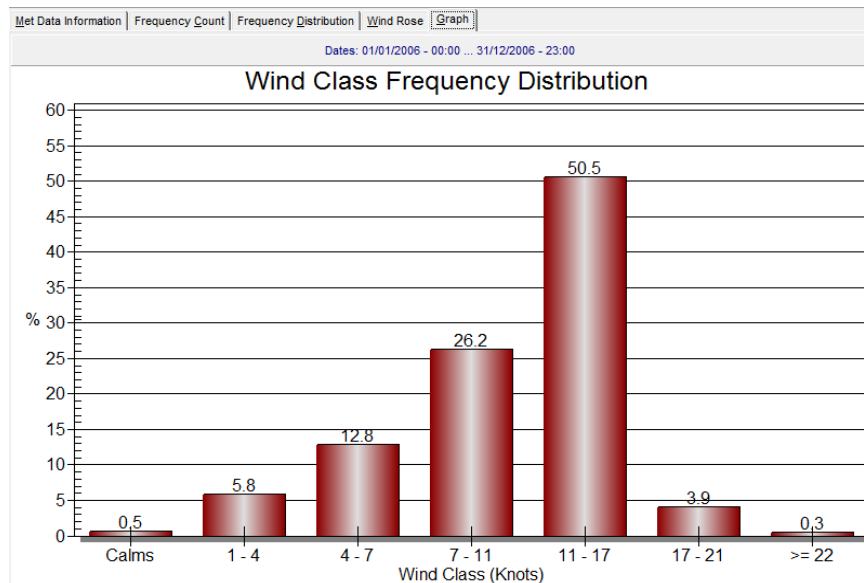
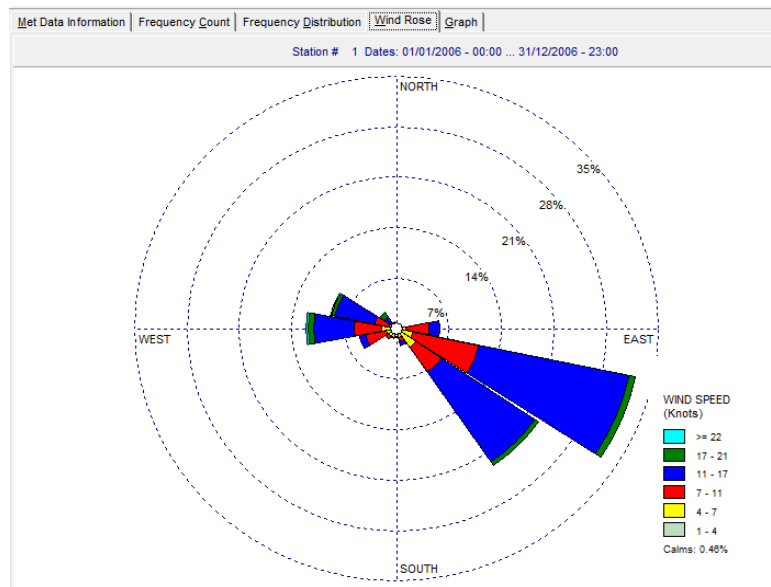
WINDROSE TAHUN 2005

Met Data Information Frequency Count Frequency Distribution <u>Wind Rose</u> Graph								
Dates: 01/01/2005 - 00:00 ... 31/12/2005 - 23:00								
	Directions / Wind Classes (Knots)	1 - 4	4 - 7	7 - 11	11 - 17	17 - 21	>= 22	Total
1	348.75 - 11.25	20	14	17	1	0	0	52
2	11.25 - 33.75	26	9	9	0	0	0	44
3	33.75 - 56.25	36	3	0	0	0	0	39
4	56.25 - 78.75	22	24	29	6	0	0	81
5	78.75 - 101.25	39	90	301	362	19	0	811
6	101.25 - 123.75	27	185	800	1760	76	0	2848
7	123.75 - 146.25	71	145	354	636	0	0	1206
8	146.25 - 168.75	35	50	47	9	0	0	141
9	168.75 - 191.25	25	39	27	0	0	0	91
10	191.25 - 213.75	35	51	18	0	0	0	104
11	213.75 - 236.25	44	108	71	3	1	0	227
12	236.25 - 258.75	53	164	326	99	1	0	643
13	258.75 - 281.25	81	173	377	287	10	0	928
14	281.25 - 303.75	53	129	408	489	4	0	1083
15	303.75 - 326.25	47	50	136	148	0	0	381
16	326.25 - 348.75	12	5	8	23	0	0	48
Sub-Total		626	1239	2928	3823	111	0	8727
Calms								32
Missing/incomplete								1
Total								8760



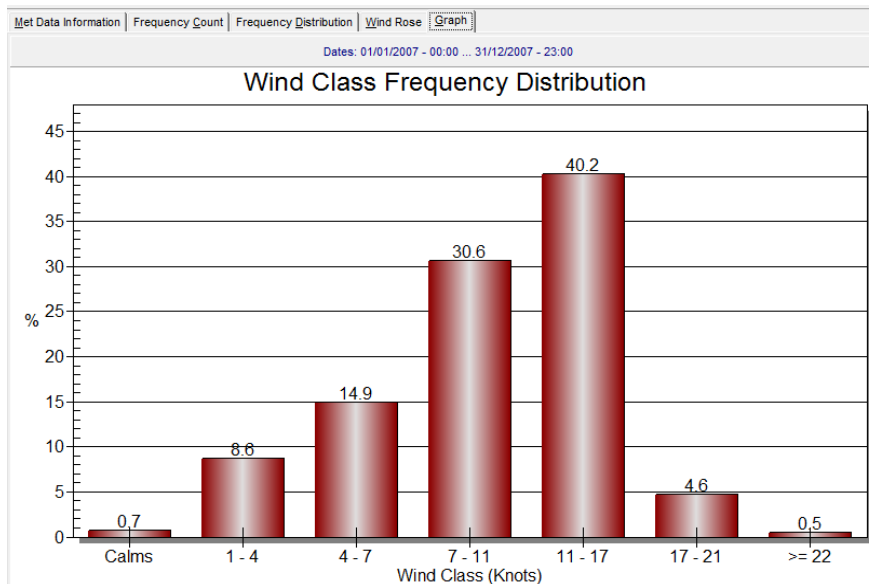
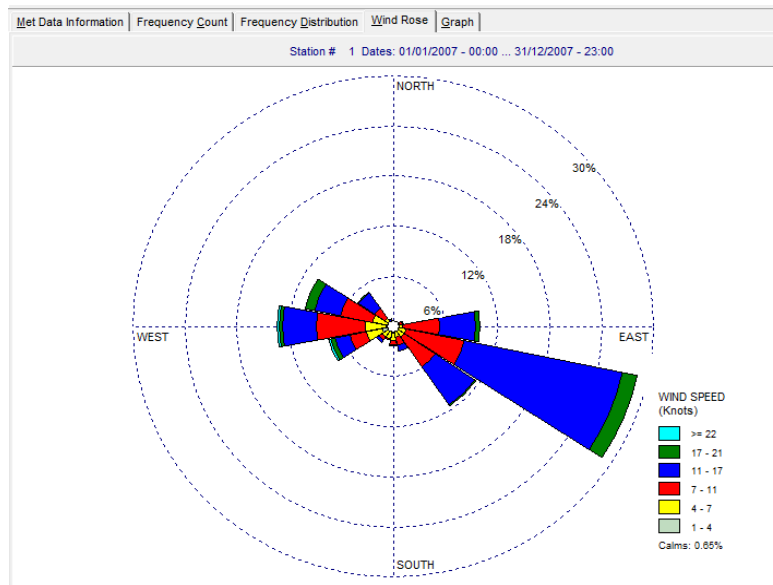
WINDROSE TAHUN 2006

Met Data Information Frequency Count Frequency Distribution Wind Rose Graph								
Dates: 01/01/2006 - 00:00 ... 31/12/2006 - 23:00								
	Directions / Wind Classes (Knots)	1 - 4	4 - 7	7 - 11	11 - 17	17 - 21	>= 22	Total
1	348.75 - 11.25	16	7	6	0	0	0	29
2	11.25 - 33.75	12	6	0	0	0	0	18
3	33.75 - 56.25	23	2	0	0	0	0	25
4	56.25 - 78.75	21	3	0	0	0	0	24
5	78.75 - 101.25	23	90	275	127	0	0	515
6	101.25 - 123.75	28	180	769	1790	87	0	2854
7	123.75 - 146.25	53	229	350	1319	50	0	2001
8	146.25 - 168.75	17	97	58	45	0	0	217
9	168.75 - 191.25	47	54	7	6	0	0	114
10	191.25 - 213.75	76	37	17	0	0	0	130
11	213.75 - 236.25	69	44	48	0	0	0	161
12	236.25 - 258.75	23	108	236	78	3	0	448
13	258.75 - 281.25	38	137	324	466	74	23	1062
14	281.25 - 303.75	26	73	174	465	45	5	788
15	303.75 - 326.25	13	39	20	107	62	0	241
16	326.25 - 348.75	21	14	15	23	19	0	92
Sub-Total		506	1120	2299	4426	340	28	8719
Calms								40
Missing/incomplete								1
Total								8760



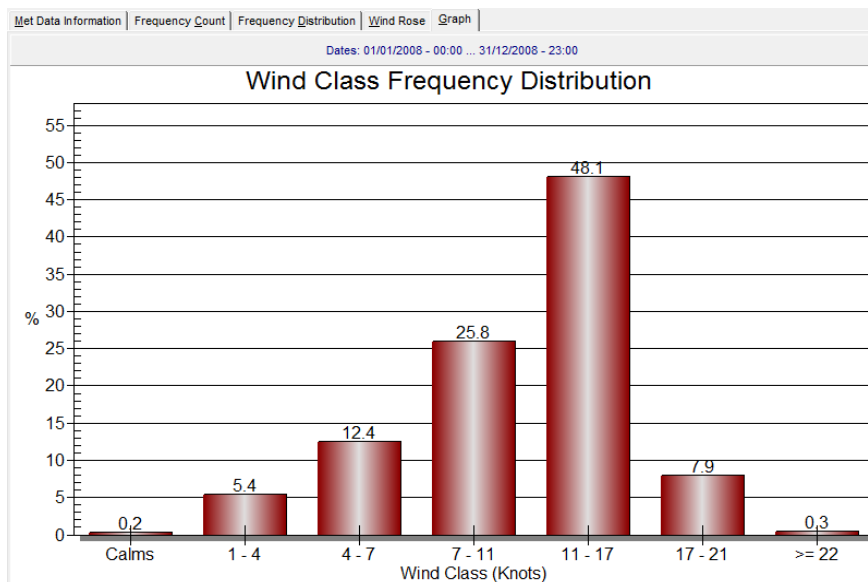
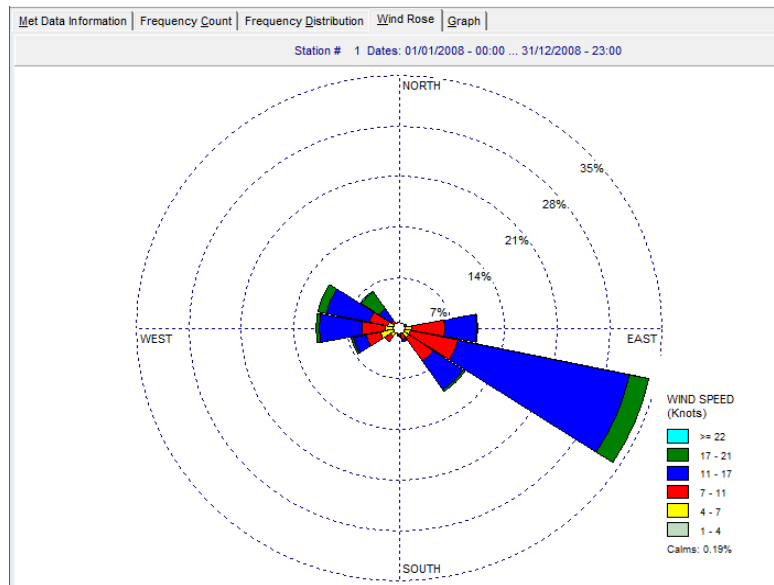
WINDROSE TAHUN 2007

Met Data Information Frequency Count Frequency Distribution <u>Wind Rose</u> Graph								
Dates: 01/01/2007 - 00:00 ... 31/12/2007 - 23:00								
	Directions / Wind Classes (Knots)	1 - 4	4 - 7	7 - 11	11 - 17	17 - 21	>= 22	Total
1	348.75 - 11.25	26	9	1	0	0	0	36
2	11.25 - 33.75	14	7	0	0	0	0	21
3	33.75 - 56.25	26	18	1	0	0	0	45
4	56.25 - 78.75	23	53	27	9	0	0	112
5	78.75 - 101.25	28	67	372	364	40	0	871
6	101.25 - 123.75	38	108	590	1620	156	0	2512
7	123.75 - 146.25	45	102	371	475	9	0	1002
8	146.25 - 168.75	47	72	89	62	0	0	270
9	168.75 - 191.25	73	76	47	7	0	0	203
10	191.25 - 213.75	60	78	12	1	0	0	151
11	213.75 - 236.25	63	77	33	31	3	0	207
12	236.25 - 258.75	117	164	173	147	43	19	663
13	258.75 - 281.25	81	204	493	336	37	19	1170
14	281.25 - 303.75	52	170	331	261	93	3	910
15	303.75 - 326.25	30	80	118	195	20	0	443
16	326.25 - 348.75	32	18	21	15	0	0	86
Sub-Total		755	1303	2679	3523	401	41	8702
Calms								57
Missing/Incomplete								1
Total								8760



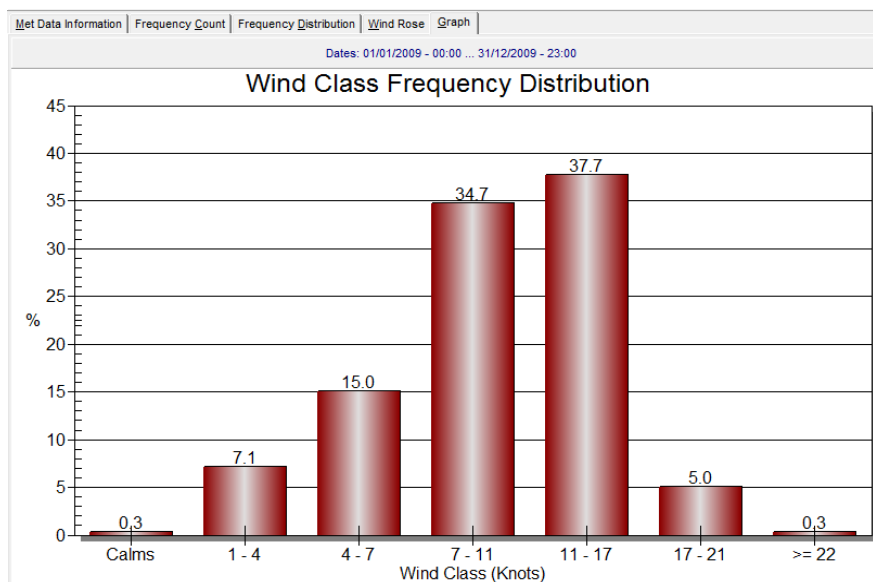
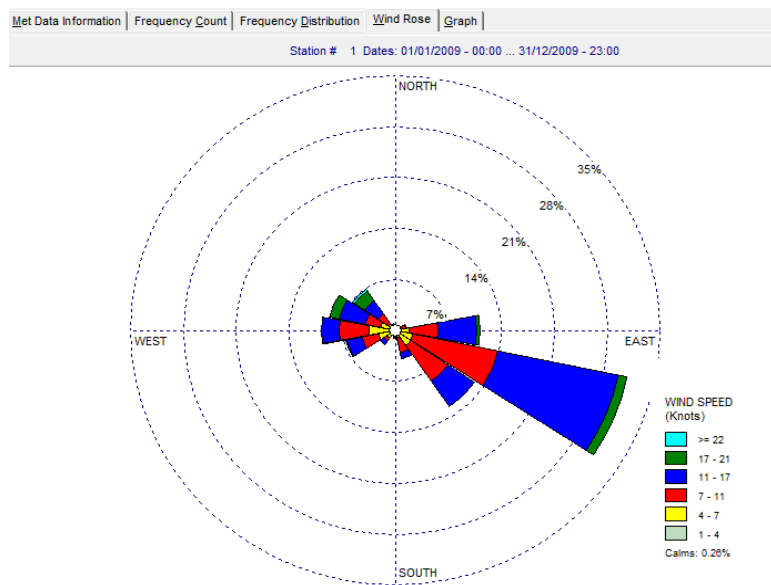
WINDROSE TAHUN 2008

Met Data Information Frequency Count Frequency Distribution Wind Rose Graph								
Dates: 01/01/2008 - 00:00 ... 31/12/2008 - 23:00								
	Directions / Wind Classes (Knots)	1 - 4	4 - 7	7 - 11	11 - 17	17 - 21	>= 22	Total
1	348.75 - 11.25	22	29	7	0	0	0	58
2	11.25 - 33.75	11	24	8	0	0	0	43
3	33.75 - 56.25	11	5	5	0	0	0	21
4	56.25 - 78.75	3	46	51	0	0	0	100
5	78.75 - 101.25	28	128	380	377	12	0	925
6	101.25 - 123.75	31	107	562	2034	231	3	2968
7	123.75 - 146.25	30	107	350	422	25	0	934
8	146.25 - 168.75	31	48	74	28	0	0	181
9	168.75 - 191.25	40	31	25	12	0	0	108
10	191.25 - 213.75	34	24	3	0	0	0	61
11	213.75 - 236.25	42	83	75	2	0	0	202
12	236.25 - 258.75	54	175	172	149	31	0	581
13	258.75 - 281.25	52	111	273	494	46	0	976
14	281.25 - 303.75	39	105	211	520	94	7	976
15	303.75 - 326.25	23	32	56	179	243	17	550
16	326.25 - 348.75	19	31	15	5	11	1	82
Sub-Total		470	1086	2267	4222	693	28	8766
Calms								17
Missing/incomplete								1
Total								8784



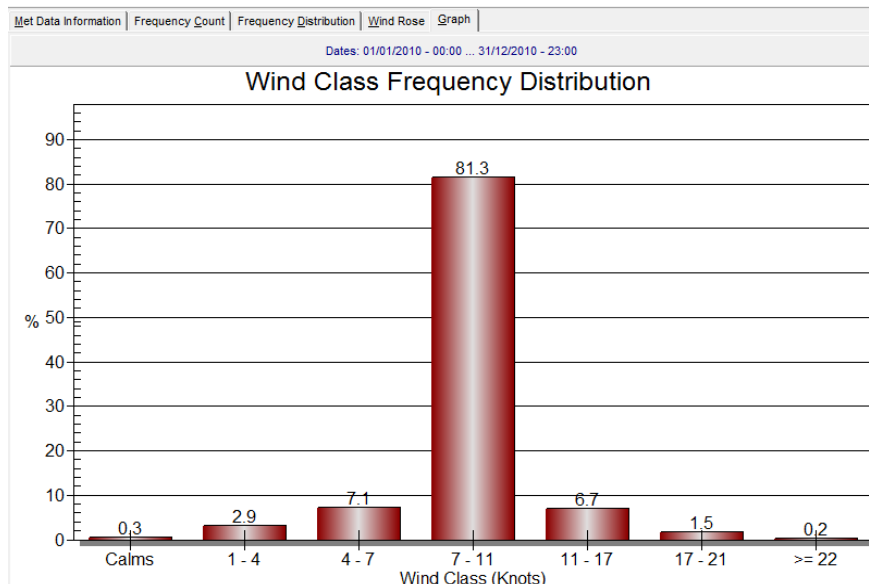
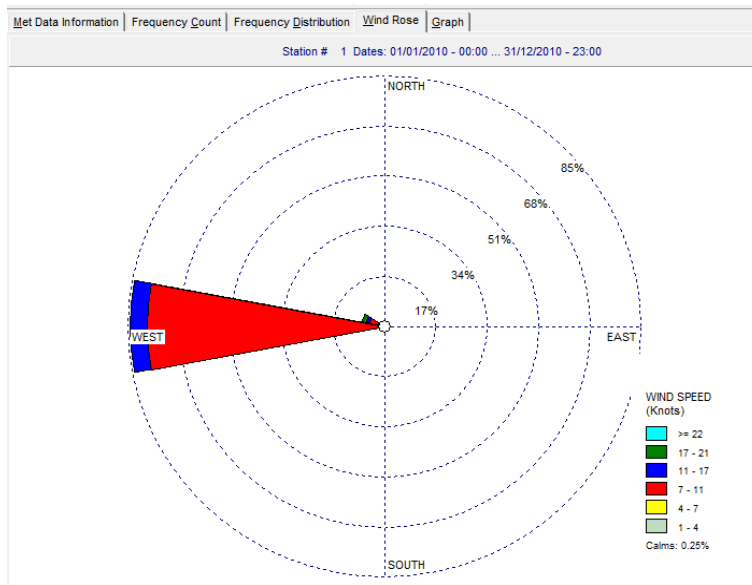
WINDROSE TAHUN 2009

Met Data Information Frequency Count Frequency Distribution Wind Rose Graph								
Dates: 01/01/2009 - 00:00 ... 31/12/2009 - 23:00								
	Directions / Wind Classes (Knots)	1 - 4	4 - 7	7 - 11	11 - 17	17 - 21	>= 22	Total
1	348.75 - 11.25	7	0	0	0	0	0	7
2	11.25 - 33.75	9	14	1	0	0	0	24
3	33.75 - 56.25	42	13	8	0	0	0	63
4	56.25 - 78.75	37	54	34	20	0	0	145
5	78.75 - 101.25	25	140	332	454	31	0	982
6	101.25 - 123.75	58	157	1001	1418	97	0	2731
7	123.75 - 146.25	70	159	507	377	1	0	1114
8	146.25 - 168.75	48	54	183	72	0	0	357
9	168.75 - 191.25	42	21	29	15	0	0	107
10	191.25 - 213.75	42	25	12	0	0	0	79
11	213.75 - 236.25	46	72	52	50	0	0	220
12	236.25 - 258.75	61	147	184	185	10	0	587
13	258.75 - 281.25	56	247	348	203	8	0	862
14	281.25 - 303.75	37	147	177	303	112	0	776
15	303.75 - 326.25	37	64	140	191	148	15	595
16	326.25 - 348.75	4	4	29	14	29	7	87
Sub-Total		621	1318	3037	3302	436	22	8736
Calms								23
Missing/incomplete								1
Total								8760



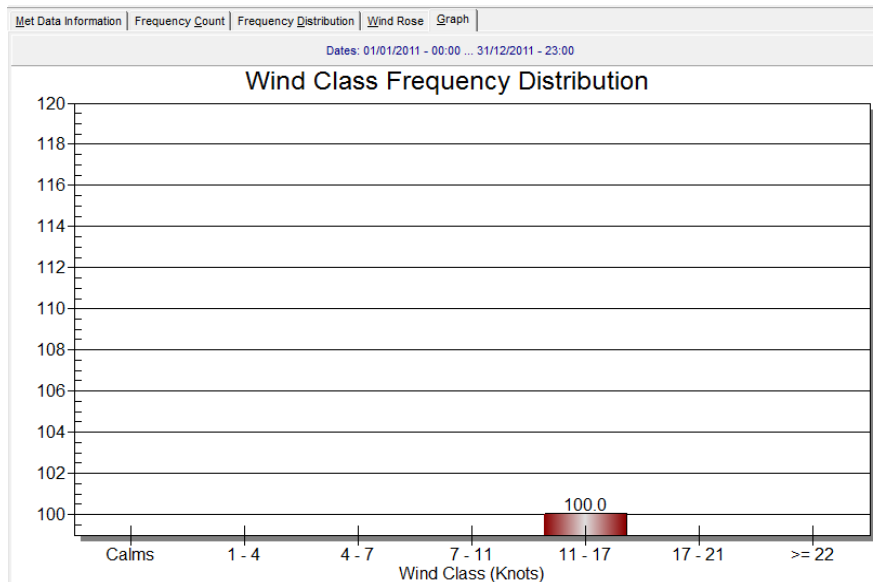
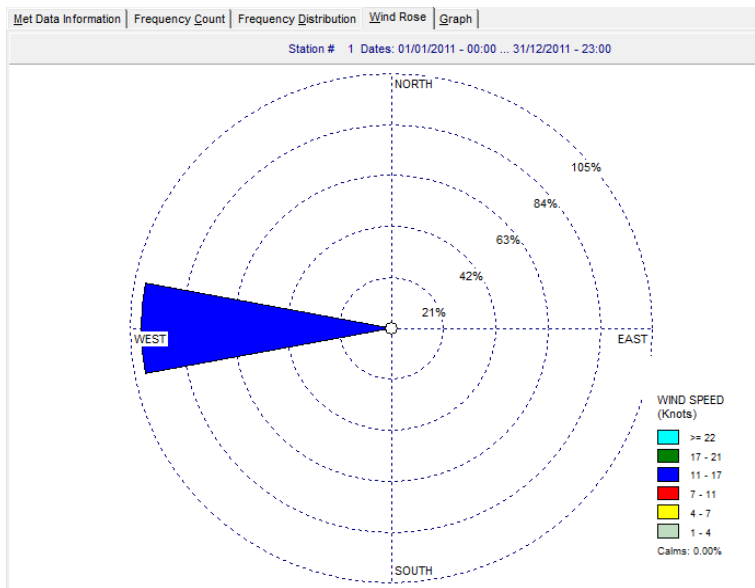
WINDROSE TAHUN 2010

Met Data Information Frequency Count Frequency Distribution Wind Rose Graph								
Dates: 01/01/2010 - 00:00 ... 31/12/2010 - 23:00								
	Directions / Wind Classes (Knots)	1 - 4	4 - 7	7 - 11	11 - 17	17 - 21	>= 22	Total
1	348.75 - 11.25	5	37	3	0	0	0	45
2	11.25 - 33.75	14	6	0	0	0	0	20
3	33.75 - 56.25	12	4	0	0	0	0	16
4	56.25 - 78.75	10	13	0	0	0	0	23
5	78.75 - 101.25	17	42	7	0	0	0	66
6	101.25 - 123.75	6	17	10	0	0	0	33
7	123.75 - 146.25	4	10	0	0	0	0	14
8	146.25 - 168.75	11	5	0	0	0	0	16
9	168.75 - 191.25	7	11	0	0	0	0	18
10	191.25 - 213.75	12	7	6	0	0	0	25
11	213.75 - 236.25	24	14	20	0	0	0	58
12	236.25 - 258.75	14	44	42	19	0	0	119
13	258.75 - 281.25	34	127	6710	485	5	0	7361
14	281.25 - 303.75	58	161	262	75	116	15	687
15	303.75 - 326.25	18	93	60	11	7	0	189
16	326.25 - 348.75	10	32	5	0	0	0	47
Sub-Total		256	623	7125	590	128	15	8737
Calms								22
Missing/incomplete								1
Total								8760



WINDROSE TAHUN 2011

Met Data Information Frequency Count Frequency Distribution Wind Rose Graph								
Dates: 01/01/2011 - 00:00 ... 31/12/2011 - 23:00								
	Directions / Wind Classes (Knots)	1 - 4	4 - 7	7 - 11	11 - 17	17 - 21	>= 22	Total
1	348.75 - 11.25	0	0	0	0	0	0	0
2	11.25 - 33.75	0	0	0	0	0	0	0
3	33.75 - 56.25	0	0	0	0	0	0	0
4	56.25 - 78.75	0	0	0	0	0	0	0
5	78.75 - 101.25	0	0	0	0	0	0	0
6	101.25 - 123.75	0	0	0	0	0	0	0
7	123.75 - 146.25	0	0	0	0	0	0	0
8	146.25 - 168.75	0	0	0	0	0	0	0
9	168.75 - 191.25	0	0	0	0	0	0	0
10	191.25 - 213.75	0	0	0	0	0	0	0
11	213.75 - 236.25	0	0	0	0	0	0	0
12	236.25 - 258.75	0	0	0	0	0	0	0
13	258.75 - 281.25	0	0	0	8759	0	0	8759
14	281.25 - 303.75	0	0	0	0	0	0	0
15	303.75 - 326.25	0	0	0	0	0	0	0
16	326.25 - 348.75	0	0	0	0	0	0	0
Sub-Total		0	0	0	8759	0	0	8759
Calms								0
Missing/incomplete								1
Total								8760



WINDROSE TAHUN 2012


Met Data Information

Frequency Count

Frequency Distribution

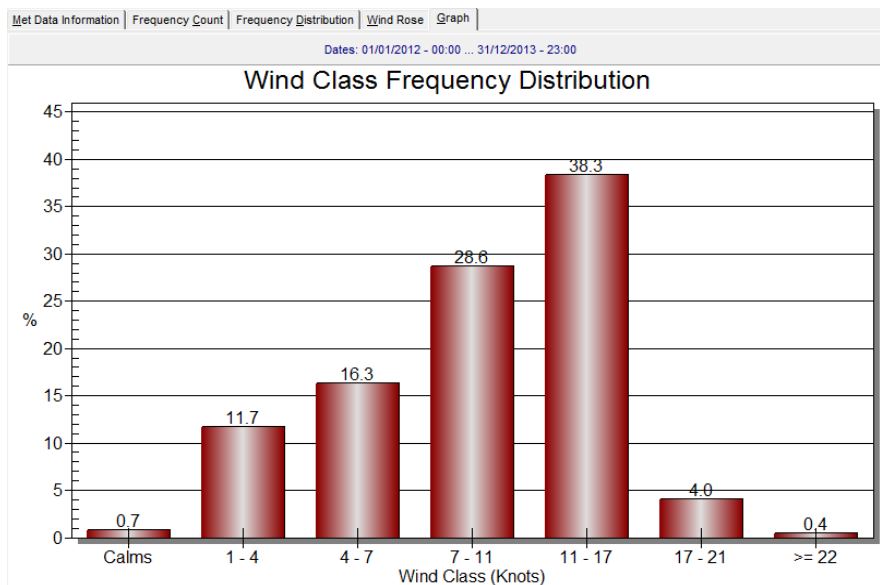
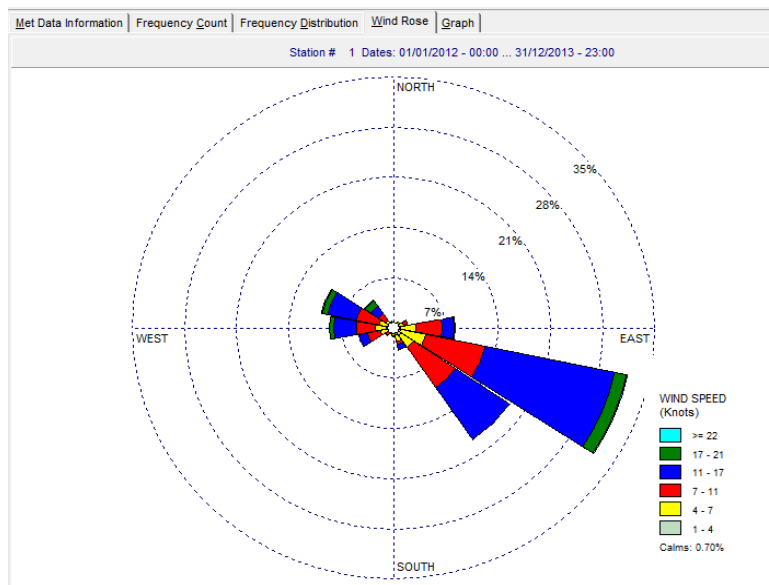
Wind Rose

Graph



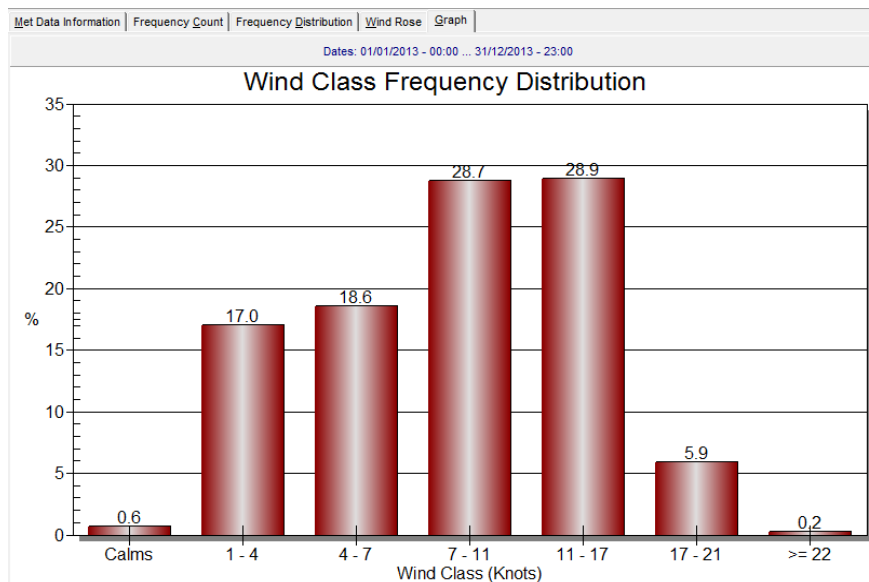
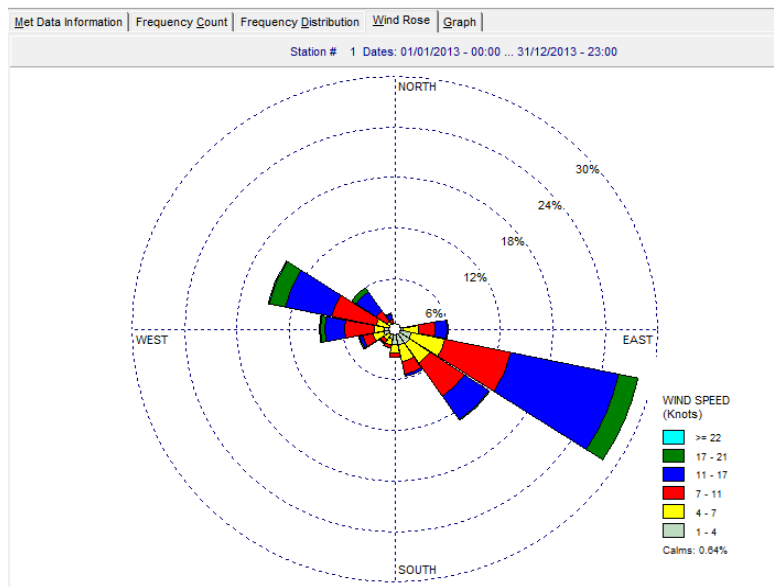
Dates: 01/01/2012 - 00:00 ... 31/12/2013 - 23:00

	Directions / Wind Classes (Knots)	1 - 4	4 - 7	7 - 11	11 - 17	17 - 21	>= 22	Total
1	348.75 - 11.25	34	5	0	0	0	0	39
2	11.25 - 33.75	51	2	0	0	0	0	53
3	33.75 - 56.25	67	31	5	0	0	0	103
4	56.25 - 78.75	51	78	45	0	0	0	174
5	78.75 - 101.25	86	181	316	140	12	0	735
6	101.25 - 123.75	83	312	707	1559	135	20	2816
7	123.75 - 146.25	111	189	590	762	0	0	1652
8	146.25 - 168.75	103	72	40	68	0	0	283
9	168.75 - 191.25	53	54	2	0	0	0	109
10	191.25 - 213.75	46	30	10	0	0	0	86
11	213.75 - 236.25	37	42	40	9	0	0	128
12	236.25 - 258.75	60	111	151	103	0	0	425
13	258.75 - 281.25	88	127	226	269	48	0	758
14	281.25 - 303.75	73	112	266	339	73	5	868
15	303.75 - 326.25	38	77	99	120	83	9	426
16	326.25 - 348.75	47	11	24	1	2	0	85
	Sub-Total	1028	1434	2521	3370	353	34	8740
	Calms							62
	Missing/incomplete							1
	Total							8803



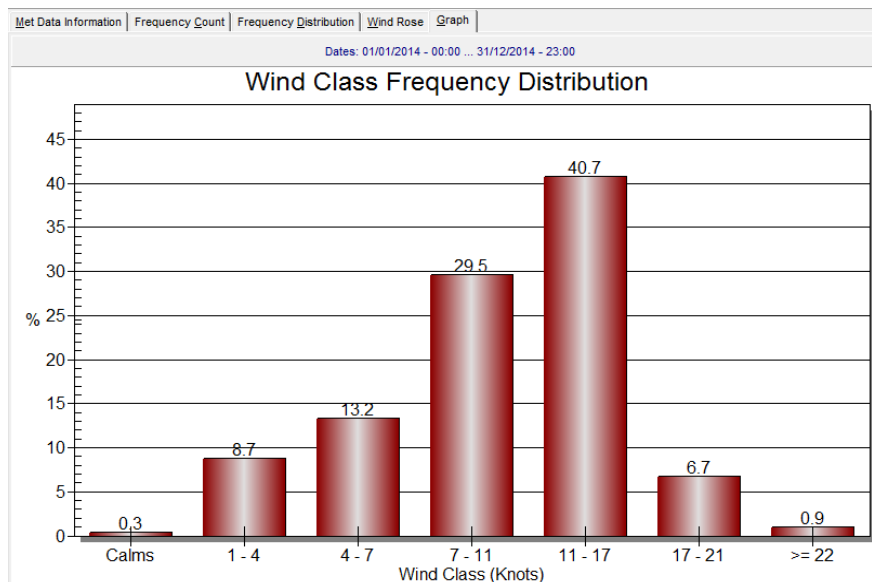
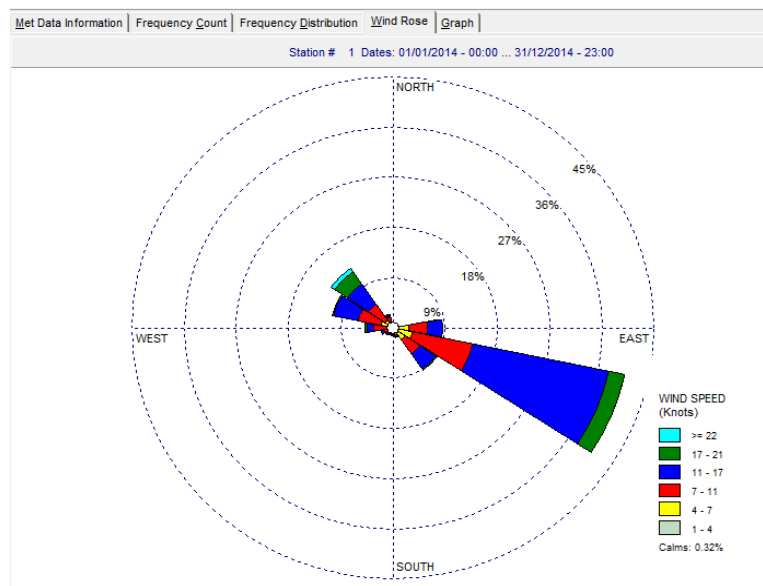
WINDROSE TAHUN 2013

Met Data Information Frequency Count Frequency Distribution Wind Rose Graph								
Dates: 01/01/2013 - 00:00 ... 31/12/2013 - 23:00								
	Directions / Wind Classes (Knots)	1 - 4	4 - 7	7 - 11	11 - 17	17 - 21	>= 22	Total
1	348.75 - 11.25	40	28	0	0	0	0	68
2	11.25 - 33.75	43	15	0	0	0	0	58
3	33.75 - 56.25	40	9	0	0	0	0	49
4	56.25 - 78.75	30	14	4	0	0	0	48
5	78.75 - 101.25	91	144	174	117	14	0	540
6	101.25 - 123.75	172	343	670	1092	194	0	2471
7	123.75 - 146.25	188	239	412	301	6	0	1146
8	146.25 - 168.75	178	177	123	20	0	0	498
9	168.75 - 191.25	160	87	44	1	0	0	292
10	191.25 - 213.75	114	63	33	1	0	0	211
11	213.75 - 236.25	72	69	38	11	6	1	197
12	236.25 - 258.75	122	107	98	32	14	5	378
13	258.75 - 281.25	107	97	299	193	46	9	751
14	281.25 - 303.75	55	141	455	464	169	4	1288
15	303.75 - 326.25	44	53	130	243	56	2	528
16	326.25 - 348.75	34	40	36	58	12	0	180
Sub-Total		1490	1626	2516	2533	517	21	8703
Calms								56
Missing/incomplete								1
Total								8760



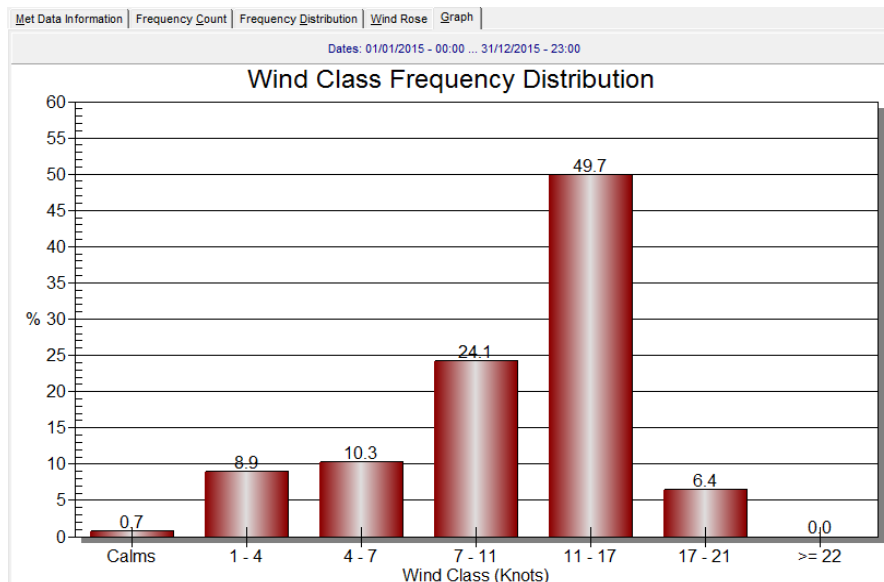
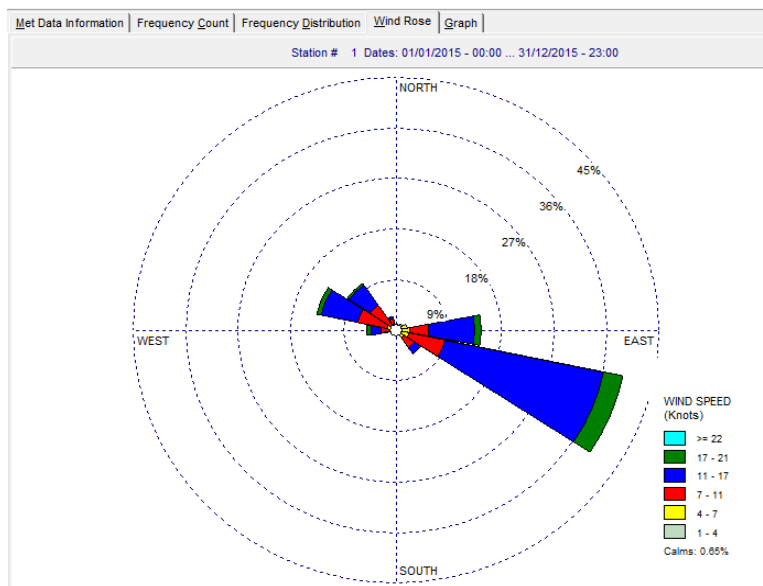
WINDROSE TAHUN 2014

Met Data Information Frequency Count Frequency Distribution Wind Rose Graph								
Dates: 01/01/2014 - 00:00 ... 31/12/2014 - 23:00								
	Directions / Wind Classes (Knots)	1 - 4	4 - 7	7 - 11	11 - 17	17 - 21	>= 22	Total
1	348.75 - 11.25	3	22	1	0	0	0	26
2	11.25 - 33.75	3	3	0	0	0	0	6
3	33.75 - 56.25	3	2	0	0	0	0	5
4	56.25 - 78.75	19	14	22	8	0	0	63
5	78.75 - 101.25	62	187	267	220	12	0	748
6	101.25 - 123.75	90	215	906	2057	243	6	3517
7	123.75 - 146.25	112	110	280	272	10	0	784
8	146.25 - 168.75	85	44	16	11	0	0	156
9	168.75 - 191.25	73	35	11	13	0	0	132
10	191.25 - 213.75	40	42	24	16	0	0	122
11	213.75 - 236.25	41	53	38	16	3	0	151
12	236.25 - 258.75	48	43	60	46	1	0	198
13	258.75 - 281.25	34	46	213	90	33	1	417
14	281.25 - 303.75	42	156	343	358	28	0	927
15	303.75 - 326.25	61	79	307	377	222	71	1117
16	326.25 - 348.75	33	87	61	26	24	1	232
Sub-Total		749	1138	2549	3510	576	79	8601
Calms								28
Missing/Incomplete								1
Total								8630



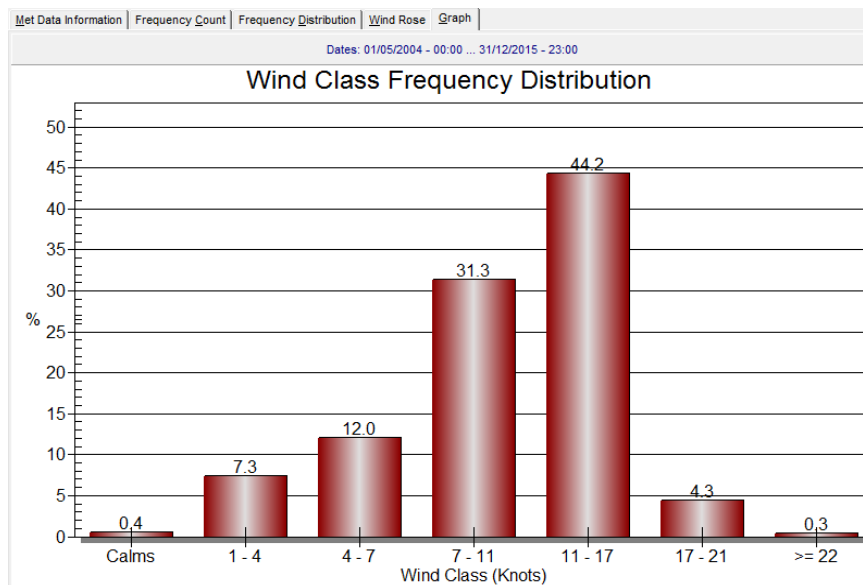
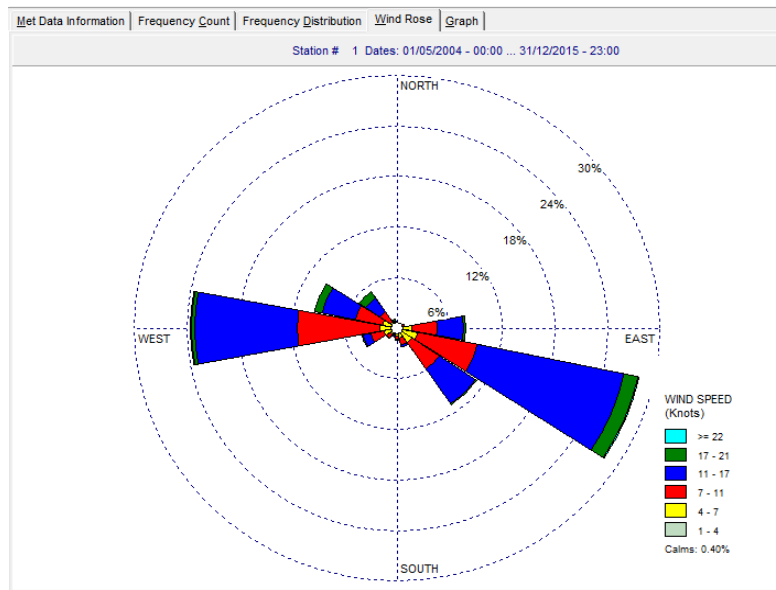
WINDROSE TAHUN 2015

Met Data Information Frequency Count Frequency Distribution Wind Rose Graph								
Dates: 01/01/2015 - 00:00 ... 31/12/2015 - 23:00								
	Directions / Wind Classes (Knots)	1 - 4	4 - 7	7 - 11	11 - 17	17 - 21	>= 22	Total
1	348.75 - 11.25	57	21	0	0	0	0	78
2	11.25 - 33.75	45	55	0	0	0	0	100
3	33.75 - 56.25	98	33	2	0	0	0	133
4	56.25 - 78.75	105	72	6	0	0	0	183
5	78.75 - 101.25	69	141	280	688	99	0	1277
6	101.25 - 123.75	58	156	533	2394	302	0	3443
7	123.75 - 146.25	65	76	206	106	0	0	453
8	146.25 - 168.75	53	15	7	0	0	0	75
9	168.75 - 191.25	28	3	0	0	0	0	31
10	191.25 - 213.75	12	1	0	0	0	0	13
11	213.75 - 236.25	18	18	1	0	0	0	37
12	236.25 - 258.75	22	10	15	19	2	0	68
13	258.75 - 281.25	15	48	167	154	53	0	437
14	281.25 - 303.75	33	122	427	561	66	0	1209
15	303.75 - 326.25	45	60	372	372	32	0	881
16	326.25 - 348.75	49	62	82	35	0	0	228
Sub-Total		772	893	2098	4329	554	0	8646
Calms								57
Missing/incomplete								1
Total								8704



WINDROSE TAHUN 2004-2015

Met Data Information Frequency Count Frequency Distribution Wind Rose Graph								
Dates: 01/05/2004 - 00:00 ... 31/12/2015 - 23:00								
	Directions / Wind Classes (Knots)	1 - 4	4 - 7	7 - 11	11 - 17	17 - 21	>= 22	Total
1	348.75 - 11.25	241	172	35	1	0	0	449
2	11.25 - 33.75	242	141	18	0	0	0	401
3	33.75 - 56.25	369	124	22	0	0	0	515
4	56.25 - 78.75	341	409	231	46	0	0	1027
5	78.75 - 101.25	480	1256	2933	3134	264	19	8086
6	101.25 - 123.75	600	1891	7068	17398	1675	68	28700
7	123.75 - 146.25	759	1416	3857	5116	125	0	11273
8	146.25 - 168.75	617	658	839	322	0	0	2436
9	168.75 - 191.25	565	436	426	58	0	0	1485
10	191.25 - 213.75	473	366	193	115	0	0	1147
11	213.75 - 236.25	465	593	419	125	13	1	1616
12	236.25 - 258.75	595	1111	1487	899	108	24	4224
13	258.75 - 281.25	601	1410	9604	11881	417	59	23972
14	281.25 - 303.75	484	1359	3150	3981	840	39	9853
15	303.75 - 326.25	378	646	1463	1954	873	114	5428
16	326.25 - 348.75	272	306	296	200	103	32	1209
Sub-Total		7482	12294	32041	45230	4418	356	101821
Calms								411
Missing/incomplete								12
Total								102244



FETCH CALCULATION

Scale				Teknik Pantai, Bambang Triadmodjo, 1999
10	kilometers at map is	10	unit	

$$F_{eff} = \frac{\sum_{i=1}^9 F_i \cos \alpha_i}{\sum_{i=1}^9 \cos \alpha_i}$$

Where

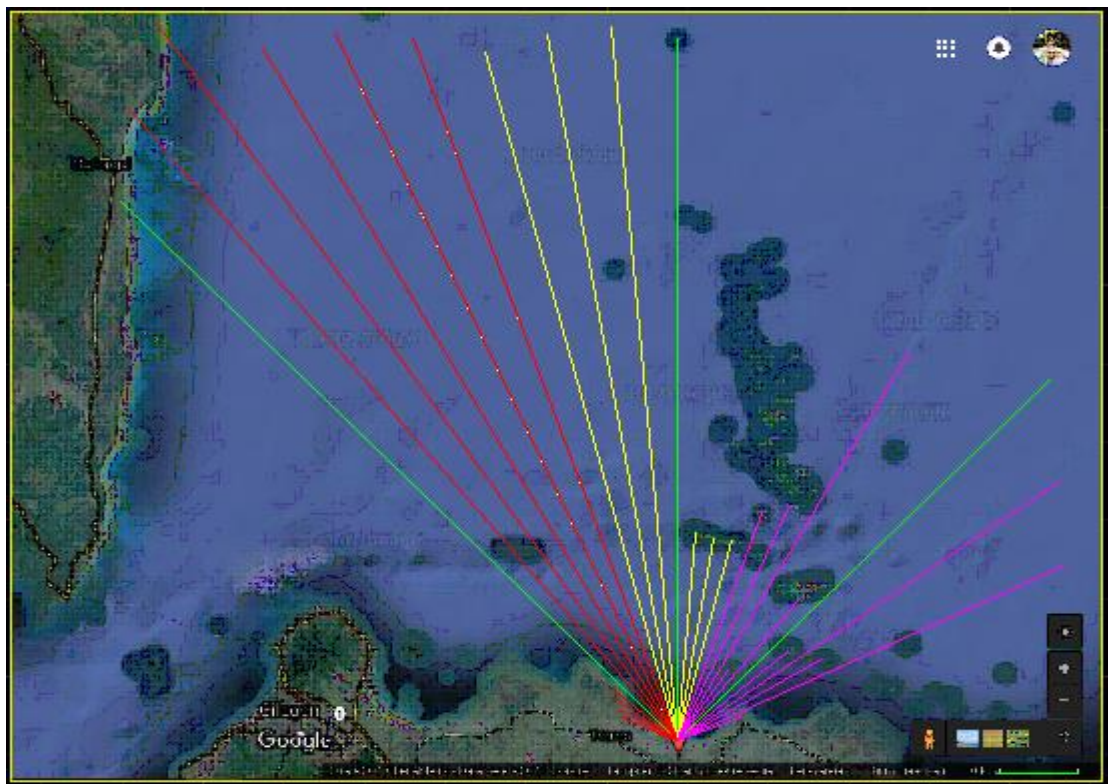
α	=	Angles relative to dominant wind direction
X_m	=	Length at map (unit length)
X_i	=	Length (km)

Arah	a	cos a	X_m	X_i (km)	$X_i \cos a$	
BL	20	0.940	7.50	7.500	7.048	
	15	0.966	8.13	8.130	7.853	
	10	0.985	9.14	9.140	9.001	
	5	0.996	10.14	10.140	10.101	
	0	1.000	97.50	97.500	97.500	
	5	0.996	105.64	105.640	105.238	
	10	0.985	112.29	112.290	110.584	
	15	0.966	200.00	200.000	193.185	
	20	0.940	200.00	200.000	187.939	
	$\Sigma \cos(\alpha)$	8.773		$\Sigma X_i \cos(\alpha)$	728.449	
	$F_{eff} =$	83.031	km	=	83031	m

Arah	a	cos a	X_m	X_i (km)	$X_i \cos a$	
U	20	0.940	200.00	200.000	187.939	
	15	0.966	200.00	200.000	193.185	
	10	0.985	200.00	200.000	196.962	
	5	0.996	200.00	200.000	199.239	
	0	1.000	89.96	89.960	89.960	
	5	0.996	26.65	26.650	26.549	
	10	0.985	26.34	26.340	25.940	
	15	0.966	26.48	26.480	25.578	
	20	0.940	30.95	30.950	29.083	
	$\Sigma \cos(\alpha)$	8.773		$\Sigma X_i \cos(\alpha)$	974.434	
	$F_{eff} =$	111.069	km	=	111069	m

Arah	a	cos a	X_m	X_i (km)	$X_i \cos a$	
TL	20	0.940	33.33	33.330	31.320	
	15	0.966	200.00	200.000	193.185	
	10	0.985	11.05	11.050	10.882	
	5	0.996	23.79	23.790	23.699	
	0	1.000	200.00	200.000	200.000	
	5	0.996	18.03	18.030	17.961	
	10	0.985	200.00	200.000	196.962	
	15	0.966	20.78	20.780	20.072	
	20	0.940	200.00	200.000	187.939	
	$\Sigma \text{Cos}(\alpha)$	8.773		$\Sigma X_i \text{Cos}(\alpha)$	882.020	
	$F_{\text{eff}} =$	100.535	km	=	100535	m

GAMBAR FETCH EFEKTIF



Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2004 (Barat Laut)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_W	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	83030.77	0.49	3.89
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.83	4.64
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.22	5.26
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.70	5.87
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		1.96	6.15

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
22	5.25	333.36
19	13.21	409.66
25	37.16	692.64
6	17.25	206.68
0	0.00	0.00

$$H_s = 1.42 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.02 \text{ m}$$

$$-0.60$$

$$H_{s,avg} = 1.02 \text{ m}$$

$$0.40$$

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0\ 1/3(m)}$	$T_{0\ 1/3(s)}$
72.9	1642.3	72.00	1.01	4.78	1.42	6.76

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2004 (Utara)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_W	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	111068.84	0.57	4.28
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.96	5.11
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.41	5.79
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.96	6.46
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		2.26	6.77

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
11	3.51	201.97
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

$$H_s = 0.80 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.02 \text{ m}$$

$$-1.22$$

$$H_{s,avg} = 1.02 \text{ m}$$

$$-0.22$$

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0\ 1/3(m)}$	$T_{0\ 1/3(s)}$
3.5	202.0	11.00	0.57	4.28	0.80	6.07

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2004 (Timur Laut)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_W	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	100535.26	0.54	4.15
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.92	4.95
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.34	5.61
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.87	6.25
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		2.15	6.55

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

n = 1

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
11	3.18	189.11
4	3.37	97.85
1	1.80	31.43
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

$$H_s = 1.02 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.02 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 1.02 \text{ m}$$

-1.00

0.00

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0\ 1/3(m)}$	$T_{0\ 1/3(s)}$
8.3	318.4	16.00	0.72	4.46	1.02	6.32

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2005 (Barat Laut)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_W	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	83030.77	0.49	3.89
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.83	4.64
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.22	5.26
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.70	5.87
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		1.96	6.15

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
47	11.22	712.18
50	34.76	1078.04
136	202.14	3767.95
148	425.57	5098.08
0	0.00	0.00

$$H_s = 1.88 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.18 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.81 \text{ m}$$

$$-0.30$$

$$1.07$$

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0\ 1/3}(m)$	$T_{0\ 1/3}(s)$
673.7	10656.3	381.00	1.33	5.29	1.88	7.49

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2005 (Utara)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_W	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	111068.84	0.57	4.28
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.96	5.11
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.41	5.79
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.96	6.46
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		2.26	6.77

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
20	6.39	367.21
14	13.02	365.75
17	33.80	570.70
1	3.85	41.74
0	0.00	0.00

$$H_s = 1.48 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.18 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.81 \text{ m}$$

$$-0.70$$

$$0.67$$

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0\ 1/3}(m)$	$T_{0\ 1/3}(s)$
57.1	1345.4	52.00	1.05	5.09	1.48	7.20

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2005 (Timur Laut)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_W	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	100535.26	0.54	4.15
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.92	4.95
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.34	5.61
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.87	6.25
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		2.15	6.55

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

n = 1

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
36	10.41	618.91
3	2.53	73.39
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

$$H_s = 0.82 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.18 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.81 \text{ m}$$

-1.36

0.01

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0\ 1/3(m)}$	$T_{0\ 1/3(s)}$
12.9	692.3	39.00	0.58	4.21	0.82	5.97

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2006 (Barat Laut)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_W	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	83030.77	0.49	3.89
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.83	4.64
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.22	5.26
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.70	5.87
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		1.96	6.15

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
13	3.10	196.99
39	27.11	840.87
20	29.73	554.11
107	307.68	3685.78
62	237.16	2346.57

$$H_s = 2.24 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.94 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.90 \text{ m}$$

-0.70

1.34

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0\ 1/3}(m)$	$T_{0\ 1/3}(s)$
604.8	7624.3	241.00	1.58	5.62	2.24	7.96

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2006 (Utara)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_W	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	111068.84	0.57	4.28
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.96	5.11
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.41	5.79
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.96	6.46
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		2.26	6.77

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
16	5.11	293.77
7	6.51	182.88
6	11.93	201.42
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

$$H_s = 1.28 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.94 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.90 \text{ m}$$

-1.66

0.38

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0\ 1/3}(m)$	$T_{0\ 1/3}(s)$
23.5	678.1	29.00	0.90	4.84	1.28	6.85

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2006 (Timur Laut)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_w	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	100535.26	0.54	4.15
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.92	4.95
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.34	5.61
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.87	6.25
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		2.15	6.55

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
23	6.65	395.42
2	1.68	48.92
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

$$H_s = 0.82 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.94 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.90 \text{ m}$$

$$-2.12$$

$$-0.08$$

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0.1/3(m)}$	$T_{0.1/3(s)}$
8.3	444.3	25.00	0.58	4.22	0.82	5.97

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2007 (Barat Laut)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_W	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	83030.77	0.49	3.89
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.83	4.64
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.22	5.26
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.70	5.87
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		1.96	6.15

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
30	7.16	454.59
80	55.62	1724.87
118	175.38	3269.25
195	560.72	6717.07
20	76.50	756.96

$$H_s = 1.99 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.54 \text{ m}$$

$$-0.55$$

$$H_{s,avg} = 0.87 \text{ m}$$

$$1.12$$

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0.1/3(m)}$	$T_{0.1/3(s)}$
875.4	12922.7	443.00	1.41	5.40	1.99	7.65

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2007 (Utara)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_W	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	111068.84	0.57	4.28
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.96	5.11
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.41	5.79
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.96	6.46
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		2.26	6.77

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
26	8.30	477.38
9	8.37	235.13
1	1.99	33.57
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

$$H_s = 1.02 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.54 \text{ m}$$

$$-1.52$$

$$H_{s,avg} = 0.87 \text{ m}$$

$$0.15$$

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0.1/3(m)}$	$T_{0.1/3(s)}$
18.7	746.1	36.00	0.72	4.55	1.02	6.45

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2007 (Timur Laut)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_w	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	100535.26	0.54	4.15
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.92	4.95
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.34	5.61
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.87	6.25
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		2.15	6.55

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

n = 1

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
26	7.52	446.99
18	15.15	440.32
1	1.80	31.43
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

$$H_s = 1.04 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.54 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.87 \text{ m}$$

-1.50

0.17

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0.1/3(m)}$	$T_{0.1/3(s)}$
24.5	918.7	45.00	0.74	4.52	1.04	6.40

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2008 (Barat Laut)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_W	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	83030.77	0.49	3.89
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.83	4.64
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.22	5.26
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.70	5.87
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		1.96	6.15

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
23	5.49	348.52
32	22.25	689.95
56	83.23	1551.51
179	514.71	6165.92
243	929.50	9197.04

$$H_s = 2.42 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.37 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.96 \text{ m}$$

0.05

1.46

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0\ 1/3}(m)$	$T_{0\ 1/3}(s)$
1555.2	17952.9	533.00	1.71	5.80	2.42	8.22

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2008 (Utara)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_W	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	111068.84	0.57	4.28
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.96	5.11
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.41	5.79
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.96	6.46
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		2.26	6.77

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
22	7.03	403.93
29	26.97	757.63
7	13.92	234.99
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

$$H_s = 1.29 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.37 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.96 \text{ m}$$

-1.08

0.33

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0\ 1/3}(m)$	$T_{0\ 1/3}(s)$
47.9	1396.6	58.00	0.91	4.91	1.29	6.95

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2008 (Timur Laut)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_w	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	100535.26	0.54	4.15
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.92	4.95
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.34	5.61
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.87	6.25
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		2.15	6.55

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

n = 1

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
11	3.18	189.11
5	4.21	122.31
5	9.00	157.17
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

$$H_s = 1.25 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.37 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.96 \text{ m}$$

-1.12

0.29

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0.1/3(m)}$	$T_{0.1/3(s)}$
16.4	468.6	21.00	0.88	4.72	1.25	6.69

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2009 (Barat Laut)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_W	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	83030.77	0.49	3.89
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.83	4.64
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.22	5.26
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.70	5.87
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		1.96	6.15

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
37	8.83	560.66
64	44.49	1379.89
140	208.08	3878.77
191	549.22	6579.28
148	566.11	5601.49

$$H_s = 2.18 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.36 \text{ m}$$

$$-0.18$$

$$H_{s,avg} = 0.80 \text{ m}$$

$$1.38$$

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0\ 1/3}(m)$	$T_{0\ 1/3}(s)$
1376.7	18000.1	580.00	1.54	5.57	2.18	7.89

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2009 (Utara)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_W	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	111068.84	0.57	4.28
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.96	5.11
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.41	5.79
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.96	6.46
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		2.26	6.77

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
56	17.89	1028.20
247	229.70	6452.91
348	691.90	11682.57
203	780.84	8472.94
8	40.93	366.88

$$H_s = 2.02 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.36 \text{ m}$$

$$-0.34$$

$$H_{s,avg} = 0.80 \text{ m}$$

$$1.22$$

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0\ 1/3}(m)$	$T_{0\ 1/3}(s)$
1761.3	28003.5	862.00	1.43	5.70	2.02	8.07

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2009 (Timur Laut)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_w	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	100535.26	0.54	4.15
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.92	4.95
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.34	5.61
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.87	6.25
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		2.15	6.55

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
42	12.14	722.07
13	10.94	318.01
8	14.40	251.47
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

$$H_s = 1.09 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.36 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.80 \text{ m}$$

-1.27

0.29

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0\ 1/3}(m)$	$T_{0\ 1/3}(s)$
37.5	1291.5	63.00	0.77	4.53	1.09	6.41

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2010 (Barat Laut)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_W	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	83030.77	0.49	3.89
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.83	4.64
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.22	5.26
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.70	5.87
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		1.96	6.15

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

n = 1

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
34	8.12	515.20
127	88.29	2738.23
6710	9973.15	185903.88
485	1394.62	16706.55
5	19.13	189.24

$$H_s = 1.77 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.41 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.78 \text{ m}$$

-0.64

0.99

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0.1/3(m)}$	$T_{0.1/3(s)}$
11483.3	206053.1	7361.00	1.25	5.29	1.77	7.49

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2011 (Barat Laut)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_W	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	83030.77	0.49	3.89
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.83	4.64
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.22	5.26
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.70	5.87
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		1.96	6.15

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

n = 1

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
8759	25186.52	301716.92
0	0.00	0.00

$$H_s = 2.40 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 1.28 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 1.12 \text{ m}$$

1.12

1.28

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0.1/3(m)}$	$T_{0.1/3(s)}$
25186.5	301716.9	8759.00	1.70	5.87	2.40	8.31

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2012 (Barat Laut)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_W	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	83030.77	0.49	3.89
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.83	4.64
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.22	5.26
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.70	5.87
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		1.96	6.15

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
38	9.07	575.81
77	53.53	1660.18
99	147.14	2742.84
120	345.06	4133.58
83	317.48	3141.38

$$H_s = 2.05 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.57 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.79 \text{ m}$$

$$-0.52$$

$$1.26$$

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0\ 1/3(m)}$	$T_{0\ 1/3(s)}$
872.3	12253.8	417.00	1.45	5.42	2.05	7.68

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2012 (Utara)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_W	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	111068.84	0.57	4.28
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.96	5.11
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.41	5.79
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.96	6.46
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		2.26	6.77

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
34	10.86	624.26
5	4.65	130.63
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

$$H_s = 0.89 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.57 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.79 \text{ m}$$

$$-1.68$$

$$0.10$$

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0\ 1/3(m)}$	$T_{0\ 1/3(s)}$
15.5	754.9	39.00	0.63	4.40	0.89	6.23

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2012 (Timur Laut)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_W	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	100535.26	0.54	4.15
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.92	4.95
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.34	5.61
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.87	6.25
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		2.15	6.55

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
67	19.37	1151.87
31	26.09	758.33
5	9.00	157.17
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

$$H_s = 1.03 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.57 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.79 \text{ m}$$

-1.54

0.24

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0\ 1/3(m)}$	$T_{0\ 1/3(s)}$
54.5	2067.4	103.00	0.73	4.48	1.03	6.34

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2013 (Barat Laut)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_W	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	83030.77	0.49	3.89
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.83	4.64
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.22	5.26
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.70	5.87
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		1.96	6.15

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
44	10.51	666.73
53	36.85	1142.72
130	193.22	3601.71
243	698.75	8370.50
56	214.21	2119.48

$$H_s = 2.10 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.20 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.79 \text{ m}$$

-0.10

1.31

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0.1/3(m)}$	$T_{0.1/3(s)}$
1153.5	15901.1	526.00	1.48	5.50	2.10	7.79

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2013 (Utara)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_W	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	111068.84	0.57	4.28
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.96	5.11
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.41	5.79
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.96	6.46
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		2.26	6.77

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
40	12.78	734.43
28	26.04	731.50
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

$$H_s = 1.07 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.20 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.79 \text{ m}$$

-1.13

0.28

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0.1/3(m)}$	$T_{0.1/3(s)}$
38.8	1465.9	68.00	0.76	4.64	1.07	6.57

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2013 (Timur Laut)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_W	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	100535.26	0.54	4.15
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.92	4.95
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.34	5.61
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.87	6.25
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		2.15	6.55

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

n = 1

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
40	11.56	687.68
9	7.58	220.16
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

$$H_s = 0.88 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.20 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.79 \text{ m}$$

-1.32

0.09

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0.1/3(m)}$	$T_{0.1/3(s)}$
19.1	907.8	49.00	0.62	4.30	0.88	6.09

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2014 (Barat Laut)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_W	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	83030.77	0.49	3.89
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.83	4.64
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.22	5.26
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.70	5.87
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		1.96	6.15

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
61	14.56	924.33
79	54.92	1703.31
307	456.30	8505.59
377	1084.06	12986.33
222	849.17	8402.23

$$H_s = 2.17 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.94 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.90 \text{ m}$$

$$-0.77$$

$$1.27$$

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0\ 1/3}(m)$	$T_{0\ 1/3}(s)$
2459.0	32521.8	1046.00	1.53	5.58	2.17	7.90

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2014 (Utara)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_W	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	111068.84	0.57	4.28
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.96	5.11
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.41	5.79
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.96	6.46
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		2.26	6.77

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
3	0.96	55.08
22	20.46	574.75
1	1.99	33.57
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

$$H_s = 1.34 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.94 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.90 \text{ m}$$

$$-1.60$$

$$0.44$$

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0\ 1/3}(m)$	$T_{0\ 1/3}(s)$
23.4	663.4	26.00	0.95	5.05	1.34	7.15

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2014 (Timur Laut)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_w	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	100535.26	0.54	4.15
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.92	4.95
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.34	5.61
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.87	6.25
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		2.15	6.55

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

n = 1

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
3	0.87	51.58
2	1.68	48.92
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

$$H_s = 1.01 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.94 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.90 \text{ m}$$

-1.93

0.11

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0.1/3(m)}$	$T_{0.1/3(s)}$
2.6	100.5	5.00	0.71	4.48	1.01	6.35

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2015 (Barat Laut)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_w	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	83030.77	0.49	3.89
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.83	4.64
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.22	5.26
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.70	5.87
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		1.96	6.15

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
45	10.74	681.88
60	41.71	1293.65
372	552.91	10306.44
372	1069.69	12814.10
32	122.40	1211.13

$$H_s = 2.02 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.21 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.93 \text{ m}$$

-0.19

1.09

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0\ 1/3}(m)$	$T_{0\ 1/3}(s)$
1797.5	26307.2	881.00	1.43	5.46	2.02	7.74

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2015 (Utara)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_w	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	111068.84	0.57	4.28
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.96	5.11
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.41	5.79
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.96	6.46
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		2.26	6.77

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
57	18.20	1046.56
21	19.53	548.63
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

$$H_s = 0.98 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.21 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.93 \text{ m}$$

-1.23

0.05

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0\ 1/3}(m)$	$T_{0\ 1/3}(s)$
37.7	1595.2	78.00	0.70	4.52	0.98	6.40

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah 2015 (Timur Laut)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_w	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	100535.26	0.54	4.15
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.92	4.95
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.34	5.61
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.87	6.25
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		2.15	6.55

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
98	28.33	1684.82
33	27.78	807.26
2	3.60	62.87
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

$$H_s = 0.95 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.21 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.93 \text{ m}$$

$$-1.26$$

$$0.02$$

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0\ 1/3(m)}$	$T_{0\ 1/3(s)}$
59.7	2554.9	133.00	0.67	4.38	0.95	6.21

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah semua tahun (Barat Laut)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_w	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	83030.77	0.49	3.89
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.83	4.64
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.22	5.26
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.70	5.87
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		1.96	6.15

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
378	90.25	5727.78
646	449.10	13928.30
1463	2174.47	40533.14
1954	5618.73	67308.47
873	3339.31	33041.21

$$H_s = 2.10 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.94 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.88 \text{ m}$$

-0.84

1.22

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0\ 1/3}(m)$	$T_{0\ 1/3}(s)$
11671.9	160538.9	5314.00	1.48	5.50	2.10	7.78

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah semua tahun (Utara)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_w	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	111068.84	0.57	4.28
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.96	5.11
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.41	5.79
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.96	6.46
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		2.26	6.77

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
241	76.97	4424.92
172	159.95	4493.52
35	69.59	1174.97
1	3.85	41.74
0	0.00	0.00

$$H_s = 1.18 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.94 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.88 \text{ m}$$

-1.76

0.30

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0\ 1/3}(m)$	$T_{0\ 1/3}(s)$
310.4	10135.2	449.00	0.83	4.75	1.18	6.73

Perhitungan Periode dan Tinggi Gelombang arah semua tahun (Timur Laut)

U_L	U_L	R_t	R_L	U_w	U_A			
knots	m / s			m / s	m / s	F eff (m)	$H_0 (m)$	$T_0 (s)$
4	2.06	1.00	1.70	3.50	3.32	100535.26	0.54	4.15
7	3.61	1.00	1.50	5.41	5.66		0.92	4.95
11	5.67	1.00	1.30	7.36	8.28		1.34	5.61
17	8.76	1.00	1.10	9.63	11.51		1.87	6.25
21	10.82	1.00	1.00	10.82	13.28		2.15	6.55

(Tinggi dan Periode Gelombang Laut)

$$n = 1$$

n	$n \times H_0^2 (m)$	$n \times T_0^2 (s)$
369	106.67	6343.86
124	104.38	3033.33
22	39.59	691.55
0	0.00	0.00
0	0.00	0.00

$$H_s = 0.99 \text{ m}$$

data BMKG

$$H_{s,max} = 2.94 \text{ m}$$

$$H_{s,avg} = 0.88 \text{ m}$$

-1.95

0.11

$\Sigma n \times H_0^2$	$\Sigma n \times T_0^2$	$N = \Sigma n$	Hrms	Trms	$H_{0\ 1/3}(m)$	$T_{0\ 1/3}(s)$
250.6	10068.7	515.00	0.70	4.42	0.99	6.26

HASIL PERHITUNGAN PERIODE DAN TINGGI GELOMBANG

TAHUN	ARAH	HS	BMKG		TS
			HS MAX	HS AVG	
2004	BL	1.42	2.02	1.02	6.76
	U	0.80			6.07
	TL	1.02			6.32
2005	BL	1.88	2.18	0.81	7.49
	U	1.48			7.20
	TL	0.82			5.97
2006	BL	2.24	2.94	0.90	7.96
	U	1.28			6.85
	TL	0.82			5.97
2007	BL	1.99	2.54	0.87	7.65
	U	1.02			6.45
	TL	1.04			6.40
2008	BL	2.42	2.37	0.96	8.22
	U	1.29			6.95
	TL	1.25			6.69
2009	BL	2.18	2.36	0.80	7.89
	U	2.02			8.07
	TL	1.09			6.41
2010			2.41	0.78	
2011			1.28	1.12	
2012	BL	2.05	2.57	0.79	7.68
	U	0.89			6.23
	TL	1.03			6.34
2013	BL	2.10	2.20	0.79	7.79
	U	1.07			6.57
	TL	0.88			6.09
2014	BL	2.17	2.94	0.90	7.90
	U	1.34			7.15
	TL	1.01			6.35
2015	BL	2.02	2.21	0.93	7.74
	U	0.98			6.40
	TL	0.95			6.21
2004/2015	BL	2.10	2.94	0.88	7.78
	U	1.18			6.73
	TL	0.99			6.26

Perhitungan Periode Ulang (Gumbel / Fisher - Tippet Type I)

Prediksi gelombang dengan periode ulang berdasarkan distribusi gumbell dalam CERC (1992)
Rumus dari Buku Teknik Pantai halaman 140-148

$$P = 1 - \frac{m - 0.44}{N_T + 0.12}$$

$$y_m = -\ln(-\ln P)$$

$$\hat{H}_{sr} = \hat{A} y_r + \hat{B}$$

$$\hat{B} = \bar{H}_{sm} - \hat{A} \bar{y}_m$$

$$\hat{H}_{sm} = \hat{A} y_m + \hat{B}$$

$$\sigma_r = \sigma_{nr} \sigma H_s$$

$$y_r = -\ln \left\{ -\ln \left(1 - \frac{1}{L T_r} \right) \right\}$$

$$\hat{A} = \frac{n \sum H_{sm} y_m - \sum H_{sm} \sum y_m}{n \sum y_m^2 - (\sum y_m)^2}$$

$$L = \frac{N_T}{K}$$

$$v = \frac{N}{N_T}$$

$$H_r = \frac{\sum H_{sm}}{N}$$

$$\alpha = \alpha_1 e^{\alpha_2 N^{-1.5} + k \sqrt{-\ln v}}$$

$$\sigma_{nr} = \frac{\sqrt{1 + \alpha(y_r - c + \varepsilon \ln v)^2}}{\sqrt{N}}$$

$$\sigma H_s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (H_{sm} - \bar{H}_{sm})^2}$$

KETERANGAN :

- P : Probabilitas dari tinggi gelombang representatif ke m yang tidak dilampaui.
- H_{sm} : Tinggi gelombang urutan ke m
- m : Nomor urut tinggi gelombang signifikan
- N_T : Jumlah kejadian gelombang selama pencatatan
- H_{sr} : Tinggi gelombang signifikan dengan periode ulang T_r
- T_r : Periode ulang (tahun)
- K : Periode data (tahun)
- L : Rerata jumlah kejadian pertahun
- σ_{nr} : Standart deviasi yang dinormalkan dari H_r
- N : Jumlah data tinggi gelombang signifikan
- σ_r : simpangan dari H_r
- σH_s : Deviasi standar dari data tinggi gelombang signifikan
- A : Parameter skala
- B : Parameter lokasi
- k : Parameter bentuk
- \hat{H} : Tinggi gelombang dengan nilai tertentu
- H_r : Tinggi gelombang H_o rata2
- a : interval keyakinan
- \hat{H}_{sm} : gelombang yang dihitung dengan persamaan regresi linier yang dihasilkan
- y_r : konstanta distribusi untuk gel signifikan H_{sr}

Perhitungan Periode Ulang (Gumbel / Fisher - Tippet Type I)

Hs Tertinggi

2)

dari tabel 5.4 Teknik Pantai di dapat : (distribusi Fisher-Tippet Type I)

N = 12	$a_1 = 0.64$	$a_2 = 9$	$e = 1.33$
$N_T = 12$	$c = 0$	$k = 0.93$	
K = 12	besaran diatas absolut untuk menghitung deviasi standar		

Dari rumus-rumus di atas maka :

$H_r = 1.707$
$\bar{y}_m = 0.546$
$\bar{H}_{sm} = 1.70667$
$\bar{A} = 0.46266$
$\bar{B} = 1.454$
$v = 1$
$\alpha = 0.91356$
$\sigma_{H_i} = 0.51458$
$L = 1$

m	H _{sm}	P	y _m	H _{sm} y _m	y _m ²	(H _{sm} - H _r) ²	H _{sm}	H _{sm} - H _{sm}
1	2.419	0.95380	3.051	7.380	9.309	0.507	2.866	-0.447
2	2.243	0.87129	1.982	4.446	3.929	0.288	2.371	-0.128
3	2.182	0.78878	1.439	3.138	2.069	0.226	2.120	0.062
4	2.171	0.70627	1.056	2.293	1.116	0.216	1.943	0.228
5	2.097	0.62376	0.751	1.574	0.564	0.152	1.801	0.296
6	2.048	0.54125	0.488	0.999	0.238	0.116	1.680	0.368
7	2.02	0.45875	0.249	0.504	0.062	0.100	1.569	0.453
8	1.99	0.37624	0.023	0.045	0.001	0.081	1.465	0.526
9	1.883	0.29373	-0.203	-0.382	0.041	0.031	1.360	0.523
10	1.425	0.21122	-0.441	-0.629	0.195	0.080	1.250	0.175
11	0.000	0.12871	-0.718	0.000	0.515	2.913	1.122	-1.122
12	0.000	0.04620	-1.123	0.000	1.262	2.913	0.934	-0.934
Σ	20.480	6.00	6.553	19.370	19.301	7.621334		

T _r	y _r	H _{sr}	σ _{nr}	σ _r	H _{sr} -1.28xσ _r	H _{sr} +1.28xσ _r
(tahun)	(tahun)	(m)			(m)	(m)
5	1.398	2.101	0.482	0.482	1.484	2.718
10	2.155	2.451	0.661	0.661	1.605	3.297
15	2.580	2.648	0.768	0.768	1.664	3.631
20	2.877	2.785	0.845	0.845	1.704	3.867
25	3.106	2.891	0.904	0.904	1.734	4.049
50	3.811	3.217	1.090	1.090	1.821	4.613
100	4.509	3.540	1.277	1.277	1.905	5.175

Didapat tinggi gelombang untuk 5 tahun	= 2.101	m
Didapat tinggi gelombang untuk 10 tahun	= 2.451	m
Didapat tinggi gelombang untuk 15 tahun	= 2.648	m
Didapat tinggi gelombang untuk 20 tahun	= 2.785	m
Didapat tinggi gelombang untuk 25 tahun	= 2.891	m
Didapat tinggi gelombang untuk 50 tahun	= 3.217	m
Didapat tinggi gelombang untuk 100 tahun	= 3.540	m

PASANG SURUT

Dari Data Pasang Surut PLTU Lontar Tahun 2015

	M2	S2	N2	K2	K1	O1	P1	M4	MS4	S0
A (cm)	2	10	2	3	56	4	18	0	1	226
g(°)	85	306	145	306	131	169	131	179	340	0

Dengan menggunakan rumus Formzahl (F)

$$F = (K1 + O1) / (M2 + S2)$$

$$F = 5.00$$

F	Tidal Type
$0 > F < 0.25$	Semidiurnal
$0.25 > F < 1.5$	Mixed, mainly semidiurnal
$1.5 > F < 3.0$	Mixed, mainly diurnal
$F > 3.0$	Diurnal

dari rumus diatas diketahui bahwa tipe pasut daerah lontar adalah :

pasang surut harian tunggal (diurnal)

$$\begin{aligned} \text{HAT} &= \text{LAT} + 2 (K1 + O1 + S2 + M2) \\ &= 298 \text{ cm} \\ &= 2.98 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MHHWS} &= \text{LAT} + 2(K1 + O1) + S2 + M2 \\ &= 286 \text{ cm} \\ &= 2.86 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MHHWN} &= \text{LAT} + 2(K1) + S2 + M2 \\ &= 278 \text{ cm} \\ &= 2.78 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MSL} &= S0 \\ &= 226 \text{ cm} \\ &= 2.26 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MLLWN} &= \text{LAT} + 2(O1) + S2 + M2 \\ &= 174 \text{ cm} \\ &= 1.74 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{MLLWS} &= \text{LAT} + S2 + M2 \\ &= 166 \text{ cm} \\ &= 1.66 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LAT} &= \text{MSL} - K1 - O1 - S2 - M2 \\ &= 154 \text{ cm} \\ &= 1.54 \text{ m} \end{aligned}$$

Dengan,

HAT	=	High Astronomical Tide
MHHWS	=	Mean Highest High Water Spring
MHHWN	=	Mean Highest High Water Normal
MSL	=	Mean Sea Level
MLLWN	=	Mean Lowest Low Water Normal
MLLWS	=	Mean Lowest Low Water Spring
LAT	=	Low Astronomical Tide

Untuk memudahkan perencanaan selanjutnya LAT disebut CD atau LWS, elevasi LWS = 0.00 sehingga didapatkan :

HAT	=	144 Cm	=	1.44 m	HWS
MHHWS	=	132 Cm	=		
MHHWN	=	124 Cm	=		
MSL	=	72 Cm	=	0.72 m	MSL
MLLWN	=	20 Cm	=		
MLLWS	=	12 Cm	=		
CD	=	0 Cm	=	0.00 m	LWS

- Biasanya dalam perencanaan Bangunan Dermaga Pelabuhan Chard Datum atau LWS diambil angka 0
- Koordinat titik BM (*Bench Mark*) didapatkan dari pengukuran GPS
- Selanjutnya yang digunakan untuk perencanaan dan rekayasa teknis pantai adalah :

HWS	=	1.44	m
MSL	=	0.72	m
LWS	=	0.00	m

REFRAKSI GELOMBANG - PERENCANAAN BANGUNAN

Dari perhitungan di dapat Hs dan Ts sebagai berikut :
Hs untuk umur bangunan 50 tahun

Arah	Hs	Ts
315	3.217	7.783

Formula :

$$\begin{aligned}
 L_0 &= 1.56 \times T^2 \\
 C_0 &= L_0 / T \\
 C &= L / T \\
 \sin a &= (C / C_0) \times \sin a_0 \\
 K_r &= (\cos a_0 / \cos a)^{0.5} \\
 H &= K_s \times K_r \times H_0
 \end{aligned}$$

Dimana :

- d** : kedalaman (m)
- Ho'** : tinggi gelombang pada kedalaman yang ditinjau akibat refraksi dan shoaling (m)
- L** : panjang gelombang pada kedalaman yang ditinjau (m)
- C** : cepat rambat gelombang pada kedalaman yang ditinjau (m/s)
- H₀** : tinggi gelombang laut dalam (m)
- L₀** : panjang gelombang laut dalam (m)
- C₀** : cepat rambat gelombang laut dalam (m/s)
- K_r** : koefisien refraksi
- K_s** : koefisien shoaling (pendangkalan)
- a₀^o** : sudut datang gelombang laut dalam terhadap garis pantai
- a^o** : sudut datang gelombang pada kedalaman yang ditinjau
- T** : Periode gelombang (s)
- H** : tinggi gelombang pada kedalam yang ditinjau (m)

REFRAKSI

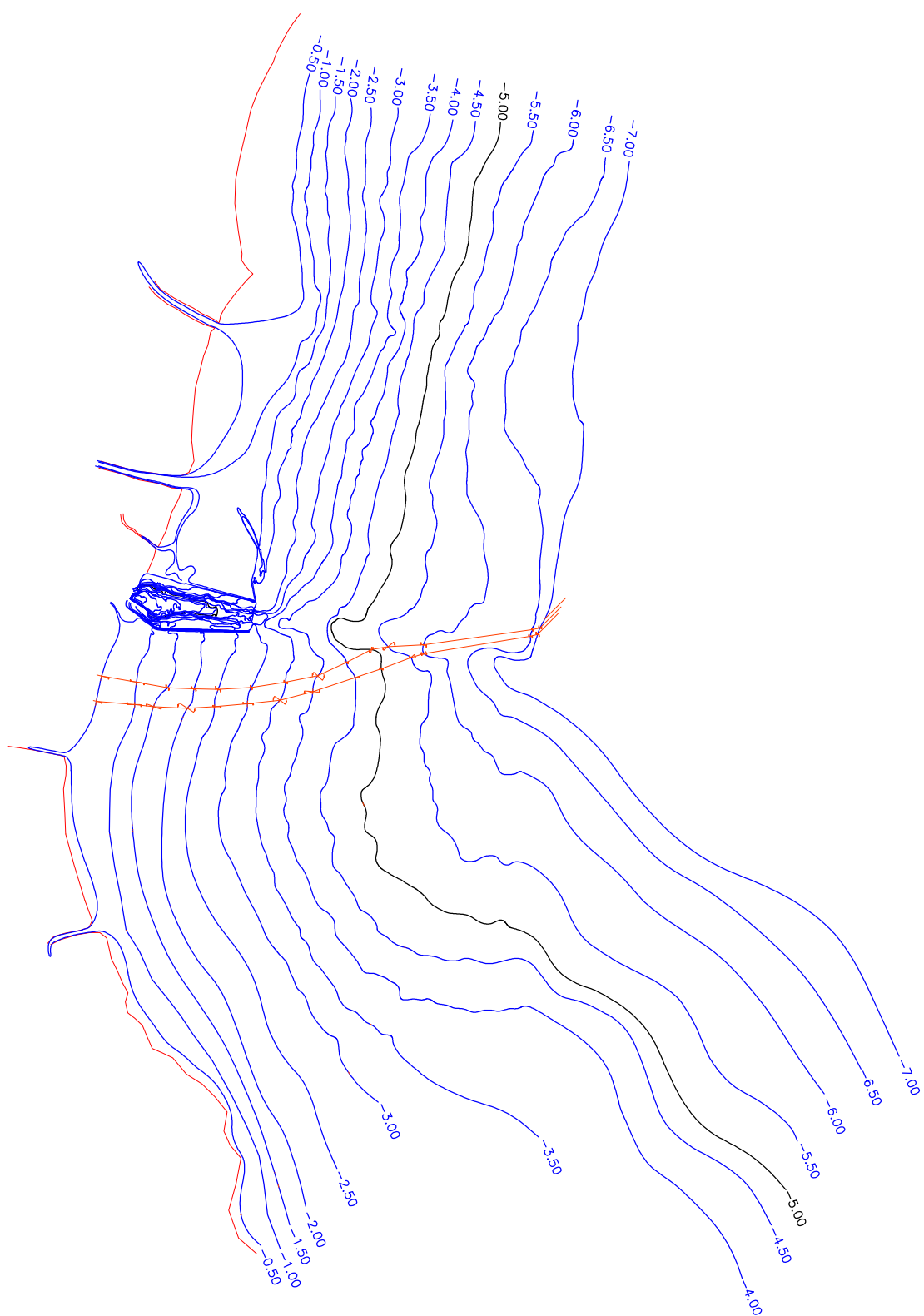
Arah Datang Gelombang: Barat Laut
Pias 1

315 ^o																
a o	Ho(m)	T(s)	Lo(m)	Co(m/s)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin a	a	cos a o	cos a	Kr	Ks	H'o(m)
62	3.217	7.783	94.495	12.141	7	0.0741	0.11014	63.555	8.166	0.594	36	0.469	0.805	0.764	0.979	2.406
20	3.217	7.783	63.555	8.166	6.5	0.1023	0.14272	45.544	5.852	0.245	14	0.940	0.970	0.985	0.931	2.949
35	3.217	7.783	45.544	5.852	6	0.1317	0.16825	35.661	4.582	0.449	27	0.819	0.893	0.958	0.916	2.822
24	3.217	7.783	35.661	4.582	5.5	0.1542	0.18664	29.468	3.786	0.336	20	0.914	0.942	0.985	0.913	2.893
11	3.217	7.783	29.468	3.786	5	0.1697	0.19915	25.107	3.226	0.163	9	0.982	0.987	0.997	0.913	2.930

[illegible]

Pias 2

[illegible]



REFRAKSI GELOMBANG - ANALISA EROSI

Dari perhitungan di dapat Hs dan Ts sebagai berikut :

Arah	Hs	Ts
315	2.099	7.783

Formula :

$$\begin{aligned}
 L_0 &= 1.56 \times T^2 \\
 C_0 &= L_0 / T \\
 C &= L / T \\
 \sin a &= (C / C_0) \times \sin a_0 \\
 K_r &= (\cos a_0 / \cos a)^{0.5} \\
 K_s &= (n_0 \times L_0 / n \times L)^{0.5} \\
 H &= K_s \times K_r \times H_0
 \end{aligned}$$

Dimana :

- d** : kedalaman (m)
- Ho'** : tinggi gelombang pada kedalaman yang ditinjau akibat refraksi dan shoaling (m)
- L** : panjang gelombang pada kedalaman yang ditinjau (m)
- C** : cepat rambat gelombang pada kedalaman yang ditinjau (m/s)
- H₀** : tinggi gelombang laut dalam (m)
- L₀** : panjang gelombang laut dalam (m)
- C₀** : cepat rambat gelombang laut dalam (m/s)
- K_r** : koefisien refraksi
- K_s** : koefisien shoaling (pendangkalan)
- a₀^o** : sudut datang gelombang laut dalam terhadap garis pantai
- a^o** : sudut datang gelombang pada kedalaman yang ditinjau
- T** : Periode gelombang (s)
- H** : tinggi gelombang pada kedalam yang ditinjau (m)

REFRAKSI

Arah Datang Gelombang: Barat Laut
pias 1

315 ^o																
a o	Ho(m)	T(s)	Lo(m)	Co(m/s)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin a	a	cos a o	cos a	Kr	Ks	H'o(m)
24	2.099	7.783	94.495	12.141	5	0.0529	0.09726	51.409	6.605	0.221	13	0.914	0.975	0.968	1.013	2.058
24	2.099	7.783	51.409	6.605	4.5	0.0875	0.12863	34.984	4.495	0.277	16	0.914	0.961	0.975	0.947	1.938
2	2.099	7.783	34.984	4.495	4	0.1143	0.15303	26.139	3.358	0.026	1	0.999	1.000	1.000	0.923	1.937
22	2.099	7.783	26.139	3.358	3.5	0.1339	0.16993	20.597	2.646	0.295	17	0.927	0.955	0.985	0.916	1.894
48	2.099	7.783	20.597	2.646	3	0.1457	0.17997	16.669	2.142	0.601	37	0.669	0.799	0.915	0.914	1.755

28	2.099	7.783	16.669	2.142	2.5	0.1500	0.18330	13.639	1.752	0.384	23	0.883	0.923	0.978	0.913	1.874
26	2.099	7.783	13.639	1.752	2	0.1466	0.18080	11.062	1.421	0.356	21	0.899	0.935	0.981	0.914	1.881
19	2.099	7.783	11.062	1.421	1.5	0.1356	0.17160	8.741	1.123	0.257	15	0.946	0.966	0.989	0.915	1.899
3	2.099	7.783	8.741	1.123	1	0.1144	0.15303	6.535	0.840	0.039	2	0.999	0.999	1.000	0.923	1.936
12	2.099	7.783	6.535	0.840	0.5	0.0765	0.12046	4.151	0.533	0.132	8	0.978	0.991	0.993	0.959	1.999
					0											

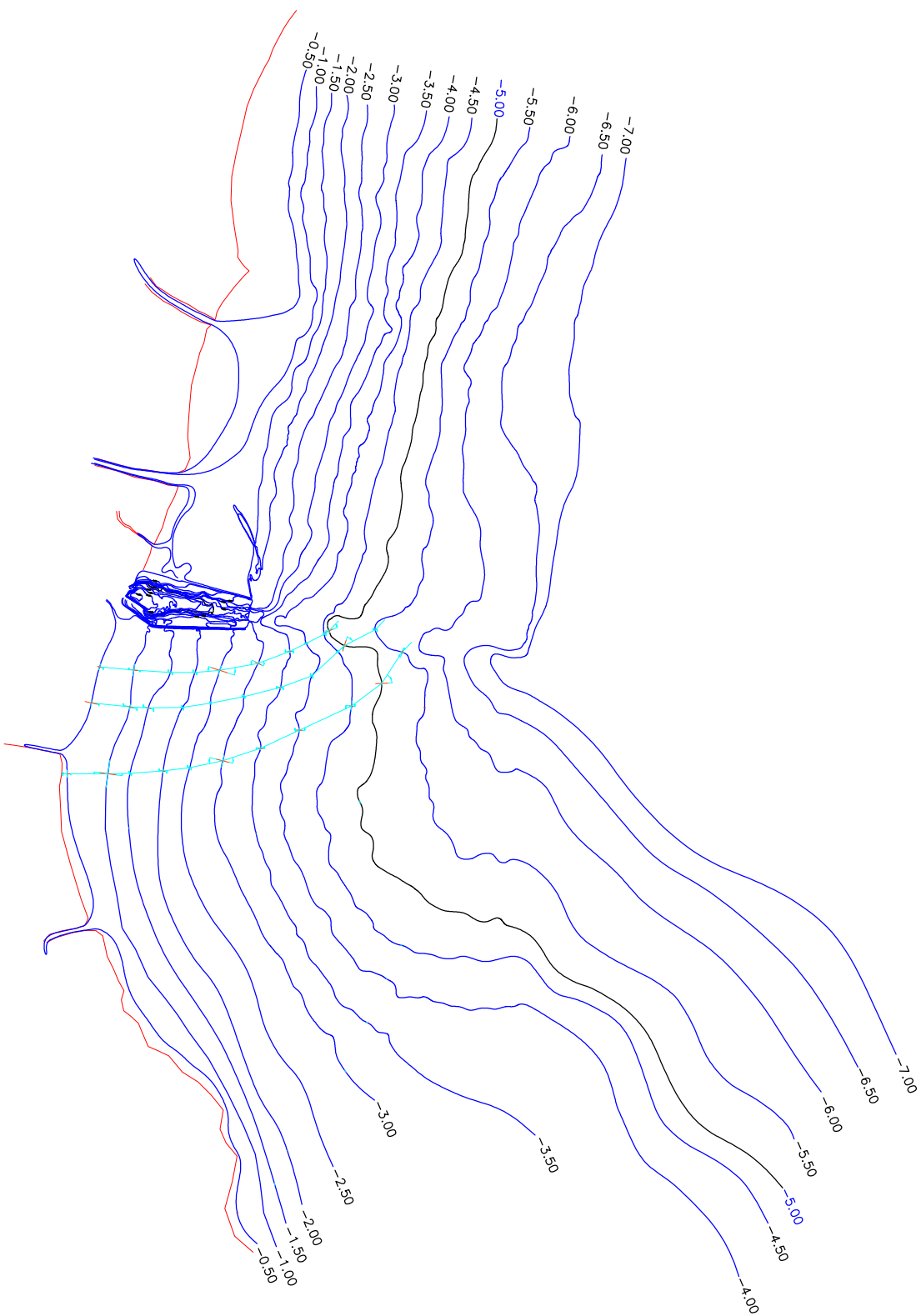
pias 2

270 °																
a o	Ho(m)	T(s)	Lo(m)	Co(m/s)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin a	a	cos a o	cos a	Kr	Ks	H'o(m)
40	2.099	7.783	94.495	12.141	5.5	0.0582	0.10232	53.753	6.907	0.366	21	0.766	0.931	0.907	0.998	1.900
45	2.099	7.783	53.753	6.907	5	0.0930	0.13485	37.078	4.764	0.488	29	0.707	0.873	0.900	0.939	1.773
2	2.099	7.783	37.078	4.764	4.5	0.1214	0.15898	28.305	3.637	0.027	2	0.999	1.000	1.000	0.920	1.930
73	2.099	7.783	28.305	3.637	4	0.1413	0.17579	22.754	2.924	0.769	50	0.292	0.640	0.676	0.914	1.297
33	2.099	7.783	22.754	2.924	3.5	0.1538	0.18664	18.753	2.409	0.449	27	0.839	0.894	0.969	0.913	1.856
19	2.099	7.783	18.753	2.409	3	0.1600	0.19164	15.654	2.011	0.272	16	0.946	0.962	0.991	0.913	1.899
12	2.099	7.783	15.654	2.011	2.5	0.1597	0.19164	13.045	1.676	0.173	10	0.978	0.985	0.997	0.913	1.909
41	2.099	7.783	13.045	1.676	2	0.1533	0.18581	10.764	1.383	0.541	33	0.755	0.841	0.947	0.913	1.815
18	2.099	7.783	10.764	1.383	1.5	0.1394	0.17412	8.615	1.107	0.247	14	0.951	0.969	0.991	0.915	1.902
12	2.099	7.783	8.615	1.107	1	0.1161	0.15473	6.463	0.830	0.156	9	0.978	0.988	0.995	0.922	1.925
6	2.099	7.783	6.463	0.830	0.5	0.0774	0.12046	4.151	0.533	0.067	4	0.995	0.998	0.998	0.959	2.009
					0											

Pias 3

270 °																
a o	Ho(m)	T(s)	Lo(m)	Co(m/s)	d (m)	d/Lo	d/L	L(m)	C(m/s)	sin a	a	cos a o	cos a	Kr	Ks	H'o(m)
25	2.099	7.783	94.495	12.141	5.5	0.0582	0.10232	53.753	6.907	0.240	14	0.906	0.971	0.966	0.998	2.024
54	2.099	7.783	53.753	6.907	5	0.0930	0.13485	37.078	4.764	0.558	34	0.588	0.830	0.842	0.939	1.658
43	2.099	7.783	37.078	4.764	4.5	0.1214	0.15898	28.305	3.637	0.521	31	0.731	0.854	0.925	0.920	1.787
27	2.099	7.783	28.305	3.637	4	0.1413	0.17579	22.754	2.924	0.365	21	0.891	0.931	0.978	0.914	1.876
34	2.099	7.783	22.754	2.924	3.5	0.1538	0.18664	18.753	2.409	0.461	27	0.829	0.888	0.966	0.913	1.852
32	2.099	7.783	18.753	2.409	3	0.1600	0.19164	15.654	2.011	0.442	26	0.848	0.897	0.972	0.913	1.863
28	2.099	7.783	15.654	2.011	2.5	0.1597	0.19164	13.045	1.676	0.391	23	0.883	0.920	0.979	0.913	1.877
15	2.099	7.783	13.045	1.676	2	0.1533	0.18581	10.764	1.383	0.214	12	0.966	0.977	0.994	0.913	1.905

16	2.099	7.783	10.764	1.383	1.5	0.1394	0.17412	8.615	1.107	0.221	13	0.961	0.975	0.993	0.915	1.906
9	2.099	7.783	8.615	1.107	1	0.1161	0.15473	6.463	0.830	0.117	7	0.988	0.993	0.997	0.922	1.930
1	2.099	7.783	6.463	0.830	0.5	0.0774	0.12046	4.151	0.533	0.011	1	1.000	1.000	1.000	0.959	2.012
11	2.099	7.783	4.151	0.533	0	0.0000	0	0.000	0.000	0.000	0		1.000	0.000	0.000	0.000



GELOMBANG PECAH - BANGUNAN

Munk (1949, dalam CERC, 1984) memberikan rumus untuk menentukan tinggi dan kedalaman gelombang pecah sebagai berikut.

$$\frac{H_b}{H'_0} = \frac{1}{3.3 \times \sqrt[3]{H'_0/L_0}}$$

$$\frac{d_b}{H_b} = 1.28$$

$$H'_0 = K_r \times H_0$$

Dimana :

H_b	=	Tinggi gelombang saat pecah (m)
H'_0	=	Tinggi gelombang <i>unrefracted</i> (m)
L_0	=	Panjang gelombang laut dalam (m)
d_b	=	Kedalaman saat gelombang pecah (m)
H_0	=	Tinggi gelombang laut dalam (m)
K_r	=	Koefisien refraksi

Tetapi lebih direkomendasikan untuk menggunakan persamaan empiris yang dikembangkan oleh Iversen (1953), Galvin (1969), dan Goda (1970), serta Weggel (1972), yang mana menyatakan pengaruh dari kemiringan pantai (m) dalam menentukan kedalaman terjadinya gelombang pecah (d_b) dan tinggi gelombang saat pecah (H_b). Hubungan ini dituliskan dalam persamaan sebagai berikut

$$\frac{d_b}{H_b} = \frac{1}{b - (aH_b/gT^2)}$$

$$a = 43.75 \times (1 - e^{-19m})$$

$$b = \frac{1.56}{1 + e^{-19.5m}}$$

Dimana

a	=	Koefisien kemiringan pantai
b	=	Koefisien kemiringan pantai
m	=	Kemiringan pantai
g	=	Percepatan gravitasi (m/s^2)
T	=	Periode gelombang laut dalam (s)

Penelitian lebih lanjut dari Paul D. Komar dan Michael K. Gaughan pada tahun 1972, berhasil mengembangkan persamaan yang sudah diturunkan oleh Munk (1949) menjadi persamaan yang lebih relevan untuk memprediksi tinggi gelombang pecah (H_b) berdasarkan teori gelombang linear dari Airy, dalam persamaan berikut ini,

$$\frac{H_b}{H'_0} = \frac{0.56}{\sqrt[5]{H'_0/L_0}}$$

Persamaan dari Komar dan Gaughan inilah yang akan digunakan untuk memprediksi tinggi gelombang pecah, lalu dengan mengkombinasikan dengan persamaan sebelumnya, kita dapat memprediksi kedalaman saat gelombang pecah.

PIAS 1

Arah Gelombang (°)	315
Kedalaman (m)	7
Jarak (m)	4222.843
Kemiringan	0.0017

H_0 (m)	L_0 (m)	T (s)	K_r	H'_0 (m)	H_b (m)	a	b	d_b (m)
3.2170	94.4952	7.7829	0.7639	2.4574	2.8553	1.3564	0.7926	3.6323

Gelombang pecah terjadi pada jarak	2191.2	m	dari garis pantai.
Gelombang pecah terjadi pada kedalaman	3.6323	m	
Dengan tinggi gelombang saat pecah	2.8553	m	
Sudut datang gelombang pecah (α_b)	44	derajat	

PIAS 2

Arah Gelombang (°)	315
Kedalaman (m)	7
Jarak (m)	4193
Kemiringan	0.0016695

H_0 (m)	L_0 (m)	T (s)	K_r	H'_0 (m)	H_b (m)	a	b	d_b (m)
3.2170	94.4952	7.7829	0.6365	2.0476	2.4675	1.3660	0.7927	3.1353

Gelombang pecah terjadi pada jarak	1878.03	m	dari garis pantai.
Gelombang pecah terjadi pada kedalaman	3.1353	m	
Dengan tinggi gelombang saat pecah	2.4675	m	
Sudut datang gelombang pecah (α_b)	34	derajat	

GELOMBANG PECAH - ANALISA EROSI

PIAS 1

Arah Gelombang (°)	270
Kedalaman (m)	5
Jarak (m)	222
Kemiringan	0.022474

H_0 (m)	L_0 (m)	T (s)	K_r	H'_0 (m)	H_b (m)	a	b	d_b (m)
2.0986	94.4952	7.7829	0.9679	2.0311	2.4516	15.2046	0.9482	2.7687

Gelombang pecah terjadi pada jarak	123.1964	m	dari garis pantai.
Gelombang pecah terjadi pada kedalaman	2.7687	m	
Dengan tinggi gelombang saat pecah	2.4516	m	
Sudut datang gelombang pecah (α_b)	41	derajat	

PIAS 2

Arah Gelombang (°)	270
Kedalaman (m)	5.5
Jarak (m)	2843.05
Kemiringan	0.0019

H_0 (m)	L_0 (m)	T (s)	K_r	H'_0 (m)	H_b (m)	a	b	d_b (m)
2.0986	94.4952	7.7829	0.9072	1.9038	2.3279	1.5789	0.7947	2.9522

Gelombang pecah terjadi pada jarak	1526.048	m	dari garis pantai.
Gelombang pecah terjadi pada kedalaman	2.9522	m	
Dengan tinggi gelombang saat pecah	2.3279	m	
Sudut datang gelombang pecah (α_b)	18	derajat	

PIAS 3

Arah Gelombang (°)	270
Kedalaman (m)	5.5
Jarak (m)	3524.916
Kemiringan	0.0016

H_0 (m)	L_0 (m)	T (s)	K_r	H'_0 (m)	H_b (m)	a	b	d_b (m)
2.0986	94.4952	7.7829	0.9663	2.0278	2.4484	1.2780	0.7919	3.1126

Gelombang pecah terjadi pada jarak	1994.877	m	dari garis pantai.
Gelombang pecah terjadi pada kedalaman	3.1126	m	
Dengan tinggi gelombang saat pecah	2.4484	m	
Sudut datang gelombang pecah (α_b)	32	derajat	

WAVE SET-UP DAN WAVE SET-DOWN

Wave set up dan *Wave set down* di pantai dapat dihitung menggunakan teori Longuet_Higgins dan Stewart (1963, dalam CERC 1984)

Besar *Wave set up* dan *wave set down* di daerah gelombang pecah diberikan oleh rumus berikut

BREAKER CONDITION (PIAS 2, NEAREST TO THE LOCATION)				
Breaker Height	H_b	=	2.468	meter
Breaker Depth	d_b	=	3.135	meter
Period	T	=	7.783	second

$$S_b = \frac{0,536 \cdot H_b^{2/3}}{g^{1/2} T}$$

$$S_w = \Delta S - S_b$$

$$\Delta S = 0,15 d_b$$

$$d_b = 1,28 H_b$$

sehingga persamaan akhirnya menjadi:

$$S_w = 0,19 [1 - 2,82 \sqrt{H_b / g T^2}] H_b$$

Dengan,

S_w = Wave Set up di daerah gelombang pecah (m)

S_b = Wave Set down di daerah gelombang pecah (m)

T = Periode gelombang (s)

H_b = Tinggi gelombang pecah (m)

d_b = Kedalaman gelombang pecah (m)

g = Percepatan gravitasi ($9,81 \text{ m/s}^2$)

WAVE SET- DOWN PREDICTION

$$S_b = 0.045 \text{ meter}$$

WAVE SET-UP PREDICTION

$$S_w = 0.384 \text{ meter}$$

PERUBAHAN GARIS PANTAI (DAS)

RUMUS :

Dengan :

$$Q_s = 0,325 P I$$

$$\tan \alpha b = \frac{\tan \alpha i + \tan \alpha o}{1 + \tan \alpha i \tan \alpha o}$$

$$P_i = \frac{\rho g}{8} H b^2 C b \sin \alpha b \cos \alpha b$$

$$\frac{\Delta y}{\Delta t} = - \frac{1}{d} \frac{\Delta Q}{\Delta x}$$

$$\tan \alpha i = \frac{y_i - y_{i+1}}{\Delta x}$$

- Qs = laju transport sediment (m³/s)
- PI = Komponen *Flux Energy* gelombang sepanjang pantai saat pecah (Nm/d/m)
- y = jarak antara garis pantai dan garis referensi (m)
- t = waktu (s)
- x = absis searah panjang pantai (m)
- Cb = kecepatan gelombang saat pecah (m/s)
- ρ = massa jenis air laut (1.025 ton/m³)
- db = kedalaman gelombang pecah (m)
- Hb = tinggi gelombang pecah (m)
- g = percepatan gravitasi (m/s²)
- T = priode gelombang (s)

Diberikan Data :

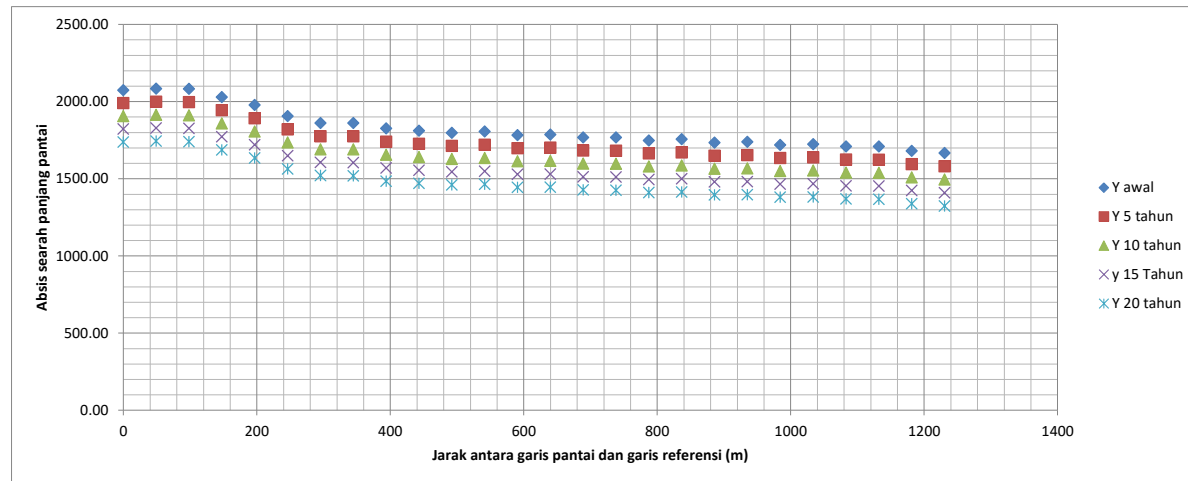
- ab = 41.34 °
- Tg ab = 0.880
- dx = 49.22535 m
- dt = 5 1825
- 10 3650
- 15 5475
- 20 7300
- T = 7.783 dt
- g = 9.810 m/dt²
- Hb = 2.452 m
- db = 2.769 m
- ρ = 1.025 ton/m³
- Cb = 5.21 m/s

Scale
1398 meters at map is 1420 unit

Pias	X _(m)	Y _{awal(m)}	Tan a _i	Tan a _b	a _b	Sin a _b	Cos a _b	P _i (t-m/hari/m)	Q _s (m ³ /hari)	Q _s (m ³ /th)	5 tahun		10 tahun		15 tahun		20 tahun	
											Dy ₀ (m)	Y _{akhir(m)}	Dy ₀ (m)	Y _{akhir(m)}	Dy ₀ (m)	Y _{akhir(m)}	Dy ₀ (m)	Y _{akhir(m)}
0	0	2073.60	-0.203	0.82	39.50	0.64	0.77	19.32	6.28	2292.28	-84.10	1989.50	-168.19	1905.40	-252.29	1821.31	-336.39	1737.21
1	49.2254	2083.57	0.034	0.89	41.58	0.66	0.75	19.55	6.35	2318.66	-85.06	1998.51	-170.13	1913.44	-255.19	1828.38	-340.26	1743.31
2	98.4507	2081.90	1.078	1.00	45.14	0.71	0.71	19.69	6.40	2335.21	-85.67	1996.23	-171.34	1910.55	-257.02	1824.88	-342.69	1739.21
3	147.676	2028.84	1.058	1.00	45.10	0.71	0.71	19.69	6.40	2335.22	-85.67	1943.17	-171.34	1857.50	-257.02	1771.83	-342.69	1686.15
4	196.901	1976.77	1.449	1.02	45.67	0.72	0.70	19.68	6.40	2334.59	-85.65	1891.12	-171.30	1805.47	-256.95	1719.82	-342.60	1634.18
5	246.127	1905.42	0.928	1.00	44.86	0.71	0.71	19.69	6.40	2335.21	-85.67	1819.75	-171.34	1734.08	-257.02	1648.41	-342.69	1562.74
6	295.352	1859.76	-0.016	0.88	41.22	0.66	0.75	19.52	6.34	2314.99	-84.93	1774.83	-169.86	1689.90	-254.79	1604.97	-339.72	1520.04
7	344.577	1860.56	0.710	0.98	44.38	0.70	0.71	19.68	6.40	2334.69	-85.65	1774.91	-171.31	1689.26	-256.96	1603.60	-342.61	1517.95
8	393.803	1825.63	0.302	0.93	43.04	0.68	0.73	19.64	6.38	2329.76	-85.47	1740.16	-170.94	1654.69	-256.42	1569.21	-341.89	1483.74
9	443.028	1810.76	0.292	0.93	43.00	0.68	0.73	19.64	6.38	2329.52	-85.46	1725.30	-170.93	1639.84	-256.39	1554.37	-341.85	1468.91
10	492.254	1796.38	-0.181	0.83	39.73	0.64	0.77	19.35	6.29	2295.90	-84.23	1712.15	-168.46	1627.92	-252.69	1543.69	-336.92	1459.46
11	541.479	1805.30	0.478	0.96	43.71	0.69	0.72	19.67	6.39	2332.86	-85.59	1719.71	-171.17	1634.13	-256.76	1548.54	-342.34	1462.96
12	590.704	1781.75	-0.091	0.86	40.62	0.65	0.76	19.46	6.32	2307.96	-84.67	1697.08	-169.34	1612.41	-254.02	1527.73	-338.69	1443.06
13	639.93	1786.22	0.388	0.95	43.39	0.69	0.73	19.65	6.39	2331.53	-85.54	1700.68	-171.07	1615.15	-256.61	1529.61	-342.15	1444.07

14	689.155	1767.13	-0.002	0.88	41.33	0.66	0.75	19.52	6.35	2316.10	-84.97	1682.16	-169.94	1597.19	-254.91	1512.22	-339.88	1427.25
15	738.38	1767.23	0.398	0.95	43.42	0.69	0.73	19.66	6.39	2331.71	-85.54	1681.69	-171.09	1596.14	-256.63	1510.60	-342.17	1425.06
16	787.606	1747.63	-0.167	0.84	39.88	0.64	0.77	19.37	6.30	2298.06	-84.31	1663.32	-168.62	1579.01	-252.93	1494.70	-337.24	1410.39
17	836.831	1755.87	0.465	0.95	43.66	0.69	0.72	19.66	6.39	2332.69	-85.58	1670.29	-171.16	1584.71	-256.74	1499.13	-342.32	1413.55
18	886.056	1733.00	-0.096	0.86	40.57	0.65	0.76	19.45	6.32	2307.34	-84.65	1648.35	-169.30	1563.70	-253.95	1479.05	-338.60	1394.40
19	935.282	1737.74	0.394	0.95	43.41	0.69	0.73	19.66	6.39	2331.63	-85.54	1652.20	-171.08	1566.66	-256.62	1481.12	-342.16	1395.58
20	984.507	1718.37	-0.103	0.85	40.50	0.65	0.76	19.44	6.32	2306.54	-84.62	1633.75	-169.24	1549.13	-253.86	1464.51	-338.48	1379.89
21	1033.73	1723.46	0.301	0.93	43.04	0.68	0.73	19.64	6.38	2329.75	-85.47	1637.99	-170.94	1552.52	-256.41	1467.04	-341.89	1381.57
22	1082.96	1708.62	-0.001	0.88	41.33	0.66	0.75	19.52	6.35	2316.14	-84.97	1623.65	-169.94	1538.68	-254.92	1453.70	-339.89	1368.73
23	1132.18	1708.69	0.596	0.97	44.07	0.70	0.72	19.68	6.39	2334.01	-85.63	1623.06	-171.26	1537.44	-256.88	1451.81	-342.51	1366.18
24	1181.41	1679.37	0.276	0.93	42.92	0.68	0.73	19.63	6.38	2329.11	-85.45	1593.92	-170.90	1508.48	-256.34	1423.03	-341.79	1337.58
25	1230.63	1665.79	0.714	0.98	44.39	0.70	0.71	19.68	6.40	2334.71	-85.65	1580.13	-171.31	1494.48	-256.96	1408.83	-342.61	1323.17
26	1279.86	1630.62	-0.747	0.39	21.20	0.36	0.93	13.27	4.31	1574.38	-57.76	1572.86	-115.52	1515.10	-173.28	1457.34	-231.04	1399.58
27	1329.08	1667.39	0.153	0.91	42.31	0.67	0.74	19.60	6.37	2324.96	-85.30	1582.09	-170.59	1496.80	-255.89	1411.50	-341.18	1326.21
28	1378.31	1659.87	-0.183	0.83	39.71	0.64	0.77	19.35	6.29	2295.61	-84.22	1575.65	-168.44	1491.43	-252.66	1407.21	-336.88	1322.99
29	1427.54	1668.88	0.280	0.93	42.94	0.68	0.73	19.64	6.38	2329.21	-85.45	1583.43	-170.90	1497.97	-256.36	1412.52	-341.81	1327.07
30	1476.76	1655.09	-0.064	0.86	40.85	0.65	0.76	19.48	6.33	2310.73	-84.77	1570.32	-169.55	1485.55	-254.32	1400.77	-339.10	1316.00
31	1525.99	1658.24	0.165	0.91	42.38	0.67	0.74	19.60	6.37	2325.47	-85.31	1572.93	-170.63	1487.62	-255.94	1402.30	-341.26	1316.99
32	1575.21	1650.11	-0.229	0.82	39.19	0.63	0.78	19.28	6.27	2287.34	-83.92	1566.20	-167.83	1482.28	-251.75	1398.37	-335.66	1314.45
33	1624.44	1661.38	0.229	0.92	42.70	0.68	0.73	19.62	6.38	2327.74	-85.40	1575.98	-170.80	1490.58	-256.19	1405.18	-341.59	1319.78
34	1673.66	1650.11	-0.103	0.85	40.50	0.65	0.76	19.44	6.32	2306.54	-84.62	1565.49	-169.24	1480.87	-253.86	1396.25	-338.48	1311.63
35	1722.89	1655.20	0.202	0.92	42.57	0.68	0.74	19.62	6.37	2326.86	-85.37	1569.84	-170.73	1484.47	-256.10	1399.11	-341.46	1313.74
36	1772.11	1645.24	-0.338	0.77	37.65	0.61	0.79	19.04	6.19	2258.78	-82.87	1562.37	-165.74	1479.50	-248.60	1396.64	-331.47	1313.77
37	1821.34	1661.86	0.011	0.88	41.42	0.66	0.75	19.53	6.35	2317.05	-85.01	1576.85	-170.01	1491.85	-255.02	1406.84	-340.02	1321.84
38	1870.56	1661.33	-0.415	0.73	36.22	0.59	0.81	18.77	6.10	2226.31	-81.68	1579.65	-163.35	1497.97	-245.03	1416.30	-326.71	1334.62
39	1919.79	1681.75	0.645	0.97	44.21	0.70	0.72	19.68	6.40	2334.35	-85.64	1596.11	-171.28	1510.47	-256.92	1424.83	-342.56	1339.19
40	1969.01	1649.98	-0.519	0.66	33.59	0.55	0.83	18.15	5.90	2152.56	-78.97	1571.01	-157.94	1492.04	-236.91	1413.07	-315.88	1334.10
41	2018.24	1675.53	0.017	0.88	41.46	0.66	0.75	19.54	6.35	2317.48	-85.02	1590.51	-170.04	1505.49	-255.06	1420.47	-340.09	1335.45
42	2067.46	1674.71	-0.790	0.30	16.48	0.28	0.96	10.71	3.48	1270.50	-46.61	1628.09	-93.22	1581.48	-139.83	1534.87	-186.44	1488.26
43	2116.69	1713.57	0.172	0.91	42.41	0.67	0.74	19.61	6.37	2325.73	-85.32	1628.25	-170.65	1542.93	-255.97	1457.60	-341.30	1372.28
44	2165.92	1705.12	-0.538	0.65	33.01	0.54	0.84	17.99	5.85	2133.55	-78.27	1626.84	-156.55	1548.57	-234.82	1470.30	-313.09	1392.02
45	2215.14	1731.58	-0.209	0.82	39.42	0.64	0.77	19.31	6.28	2291.09	-84.05	1647.53	-168.11	1563.47	-252.16	1479.42	-336.21	1395.37
46	2264.37	1741.88	-0.198	0.83	39.54	0.64	0.77	19.33	6.28	2293.01	-84.12	1657.75	-168.25	1573.63	-252.37	1489.51	-336.50	1405.38
47	2313.59	1751.64	0.074	0.90	41.85	0.67	0.74	19.57	6.36	2321.11	-85.15	1666.49	-170.31	1581.34	-255.46	1496.18	-340.62	1411.03
48	2362.82	1748.00	-0.661	0.52	27.63	0.46	0.89	16.18	5.26	1918.97	-70.40	1677.60	-140.80	1607.20	-211.20	1536.80	-281.61	1466.40
49	2412.04	1780.53	0.039	0.89	41.62	0.66	0.75	19.55	6.35	2318.96	-85.08	1695.45	-170.15	1610.38	-255.23	1525.30	-340.30	1440.23
50	2461.27	1778.63	-1.284	3.11	72.17	0.95	0.31	11.48	3.73	1361.70	-49.96	1728.67	-99.91	1678.72	-149.87	1628.76	-199.83	1578.80
51	2510.49	1841.86	-0.085	0.86	40.67	0.65	0.76	19.46	6.33	2308.63	-84.70	1757.16	-169.39	1672.46	-254.09	1587.77	-338.79	1503.07
52	2559.72	1846.02	-0.932	-0.29	-16.15	-0.28	0.96	-10.52	-3.42	-1247.75	45.78	1891.80	91.55	1937.57	137.33	1983.35	183.10	2029.12
53	2608.94	1891.90	0.932	1.00	44.87	0.71	0.71	19.69	6.40	2335.21	-85.67	1806.23	-171.34	1720.55	-257.02	1634.88	-342.69	1549.21
54	2658.17	1846.02	-1.965	1.49	56.10	0.83	0.56	18.23	5.92	2162.00	-79.32	1766.70	-158.63	1687.39	-237.95	1608.07	-317.27	1528.75
55	2707.39	1942.76	-0.897	-0.08	-4.76	-0.08	1.00	-3.25	-1.06	-385.86	14.16	1956.91	28.31	1971.07	42.47	1985.23	56.62	1999.38
56	2756.62	1986.93	-0.612	0.58	30.13	0.50	0.86	17.09	5.56	2027.85	-74.40	1912.54	-148.79	1838.14	-223.19	1763.75	-297.58	1689.35
57	2805.85	2017.06	0.114	0.90	42.09	0.67	0.74	19.58	6.36	2323.22	-85.23	1931.83	-170.46	1846.59	-255.70	1761.36	-340.93	1676.13
58	2855.07	2011.44	-0.004	0.88	41.32	0.66	0.75	19.52	6.35	2315.95	-84.97	1926.47	-169.93	1841.51	-254.90	1756.54	-339.86	1671.58
59	2904.3	2011.63	-0.065	0.86	40.84	0.65	0.76	19.48	6.33	2310.65	-84.77	1926.86	-169.54	1842.09	-254.31	1757.32	-339.08	1672.55
60	2953.52	2014.82	40.931	1.13	48.48	0.75	0.66	19.54	6.35	2318.01	-85.04	1929.78	-170.08	1844.74	-255.12	1759.70	-340.16	1674.66

GRAFIK PERUBAHAN GARIS PANTAI



PERHITUNGAN DIMENSI REVETMENT

WATER LEVEL DATA				
Higher High Water Level	HHWL	=	1.440	meter
Mean Sea Level	MSL	=	0.720	meter
Lower Low Water Level	LLWL	=	0.000	meter
Wave Set-up	S_w	=	0.384	meter

BREAKER CONDITION (PIAS 2, NEAREST TO THE LOCATION)				
Breaker Height	H_b	=	2.468	meter
Breaker Depth	d_b	=	3.135	meter

WAVE HEIGHT IN THE BREAKING ZONE (PIAS 2)				
Beach Slope	m	=	0.002	
Wave Period	T	=	7.783	second
DEPTH (m)		HEIGHT (m)		
7.00	OUTSIDE BREAKING ZONE	1.974	OUTSIDE BREAKING ZONE	
6.50		2.968		
6.00		2.892		
5.50		2.829		
5.00		2.182		
4.50		2.932		
4.00		2.350		
3.50		2.931		
3.00	START BREAKING	2.828	BREAKING ZONE	
2.50	BREAKING	2.904		
2.00		2.924		
1.50		2.829		
1.00		2.959		
0.50		3.073		

DESIGN WATER LEVEL (DWL) (PIAS 2)

Relative to HHWL	DWL	=	1.824	m
Relative to LLWL	DWL	=	0.384	m

PLAN STRUKTUR REVETMENT

Direncanakan Jetty dibangun pada daerah setelah gelombang pecah. (pias 1), tepat gelombang pecah, atau sebelum gelombang pecah.

Gelombang pecah pada kedalaman	=	3.135	m	d_b
Kedalaman lokasi rencana	=	-0.500	m	d_p
Tinggi gelombang lokasi rencana	=	3.073	m	H
 Panjang revetment rencana	=	3000	m	

PERHITUNGAN DIMENSI - REVETMENT

1. Enter the designed angle of slope (θ) of the jetty

slope	=	0.50
cot (θ)	=	2.00

2. Run Up

Irribaren	I_r	=	2.8	
	Ru/H	=	1.12	
	Ru	=	3.44	m

3. Elevasi Puncak

	El_p	=	5.27	
(+ tinggi jagaan 0.5-1.5)	El_p	=	5.50	m

4. Tinggi Pemecah Gelombang

H_p	=	6.0	m
-------	---	-----	---

5. Berat butir lapis lindung utama (tetrapod)

Tabel 5.1	K_D	=	4.5	
	V_r	=	2.5	
	W	=	2.71	ton

6. Lebar Puncak

Tabel 5.2	minimum	n	=	3	
		k_Δ	=	1.04	
		B	=	3.20	m

7. Tebal lapis pelindung utama

Tabel 5.2	n	=	2	m
	t	=	2.14	m

8. Jumlah butir unit lapis pelindung utama

Tabel 5.2	A	=	1	m ²
	n	=	2	
	P	=	50	persen
	N	=	1	butir/1 m ²

7. Lapisan kedua (Batu pecah bersudut kasar)

	n	=	2	
	k _Δ	=	1.15	
Berat	W ₂	=	270.6	kg
Tebal	t ₂	=	1.10	m

8. Inti dan bedding

Berat	W ₃	=	13.53	hingga	0.68	kg
-------	----------------	---	-------	--------	------	----

9. Berat Toe Protection

	d ₁	=	0.72	
	d _s	=	1.82	
	d ₁ /d _s	=	0.40	
	Y _r	=	2.65	
Tekpan gb. 7.35	N _s	=	6	
Berat	W ₃	=	0.09	ton

10. Lebar Toe protection

	H	=	1.824	
	B	=	3.65	m

PERHITUNGAN DIMENSI JETTY

WATER LEVEL DATA				
Higher High Water Level	HHWL	=	1.440	meter
Mean Sea Level	MSL	=	0.720	meter
Lower Low Water Level	LLWL	=	0.000	meter
Wave Set-up	S _w	=	0.384	meter

BREAKER CONDITION (PIAS 2, NEAREST TO THE LOCATION)				
Breaker Height	H _b	=	2.468	meter
Breaker Depth	d _b	=	3.135	meter

WAVE HEIGHT IN THE BREAKING ZONE (PIAS 2)				
Beach Slope	m	=	0.002	
Wave Period	T	=	7.783	second
DEPTH (m)		HEIGHT (m)		
7.00	OUTSIDE BREAKING ZONE	1.974	OUTSIDE BREAKING ZONE	
6.50		2.968		
6.00		2.892		
5.50		2.829		
5.00		2.182		
4.50		2.932		
4.00		2.350		
3.50		2.931		
3.00	START BREAKING	2.828	BREAKING ZONE	
2.50	BREAKING	2.904		
2.00		2.924		
1.50		2.829		
1.00		2.959		
0.50		3.073		
DESIGN WATER LEVEL (DWL) (PIAS 2)				
Relative to HHWL	DWL	=	1.824	m
Relative to LLWL	DWL	=	0.384	m

PERENCANAAN STRUKTUR JETTY

Direncanakan Jetty dibangun pada daerah setelah gelombang pecah. (pias 1), tepat gelombang pecah, atau sebelum gelombang pecah.

Gelombang pecah pada kedalaman	=	2.828	m	d_b
Kedalaman lokasi rencana	=	-1.000	m	d_p
Tinggi gelombang lokasi rencana	=	2.959	m	H
Panjang Jetty Rencana	=	322	m	

PERHITUNGAN DIMENSI - JETTY

1. Enter the designed angle of slope (θ) of the jetty

slope	=	0.50
cot (θ)	=	2.00

2. Run Up

Irribaren	I_r	=	2.8	
	Ru/H	=	1.12	
	Ru	=	3.31	m

3. Elevasi Puncak

	El_p	=	5.14	
(+ tinggi jagaan 0.5-1.5)	El_p	=	5.50	m

4. Tinggi Pemecah Gelombang

	H_p	=	6.5	m
--	-------	---	-----	---

5. Berat butir lapis lindung utama (batu pecah bersudut kasar)

Tabel 5.1	K_D	=	4.5	
	γ_r	=	2.5	
	W	=	2	ton

6. Lebar Puncak

minimum	n	=	3	
Tabel 5.2	k_Δ	=	0.95	
	B	=	3	m

7. Tebal lapis pelindung utama

Tabel 5.2	n	=	2	m
	t	=	1.88	m

8. Jumlah butir unit lapis pelindung utama

Tabel 5.2	A	=	1	m^2
	n	=	3	
	P	=	49	persen
	N	=	1	butir/ $1 m^2$

7. Lapisan kedua (batu pecah bersudut kasar)

	n	=	2	
	k_{Δ}	=	1.15	
Berat	W_2	=	241.6	kg
Tebal	t_2	=	1.06	m

8. Inti dan bedding

Berat W_3 = 12.08 hingga 0.60 kg

9. Lebar Berm Tumit

Tabel 5.2

n	=	3
k_{Δ}	=	1.1
γ_r	=	2.65

B_b = 1.51 m

10. Tinggi Berm Minimum

Tabel 5.2

n	=	2	m
k_{Δ}	=	1.15	
γ_r	=	2.65	

h_b = 1.04 m

11. Berat unit Berm

Berat W_b = 241.6 kg

BIODATA PENULIS



Dias Titis Budi Pratama adalah anak pertama dari dua bersaudara yang lahir di Magetan pada tanggal 27 desember 1994. Penulis menempuh pendidikan di mulai dari TK Darma Wanita Kartoharjo 1 (lulus tahun 2001), kemudian melanjutkan ke SD N Kartoharjo 1 (lulus tahun 2007), SMP N 1 Barat (lulus tahun 2010), SMA N 2 Ngawi (lulus tahun 2013) hingga penulis dapat menempuh kuliah di Institut Teknologi Sepuluh

Nopember dengan Departemen Teknik Kelautan Fakultas Teknologi Kelautan.

Selama menempuh pendidikan di Institut Teknologi Sepuluh Nopember penulis aktif dalam beberapa kegiatan seperti himpunan mahasiswa jurusan selama dua periode (2014/2015 dan 2015/2016). Kemudian penulis juga ikut aktif dalam unik kegiatan mahasiswa Karate hingga menjadi pengurus dalam unik kegiatan mahasiswa Karate tersebut selama satu periode (2015/2016). Selain itu penulis juga aktif dalam beberapa kepanitiaan yang dilaksanakan di jurusan maupun institut. Dengan motivasi untuk terus belajar penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **Perencanaan Bangunan Pelindung Pantai Untuk Menanggulangi Masalah Erosi di pantai Lontar, Kota Tangerang** selama satu semester sehingga penulis bisa dinyatakan lulus pada tahun 2017.